

RESEARCH ARTICLE

Informática e resíduos eletrônicos: conexões por meio da educação ambiental no Ensino Médio

Ana Lidja Silva do Ó ^{a,1}, Andrey Luna Saboia ^{b,2}, Samuray do Nascimento Fernandes ^{c,3}

(a) Técnica em Informática, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) | IFRN | Ipanguaçu, RN, Brasil | **Lattes ID:** <http://lattes.cnpq.br/1256053011125310>

(1) **E-mail:** a.lidja@escolar.ifrn.edu.br

(b) Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Ceará | Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN | Ipanguaçu, RN, Brasil | **Lattes ID:** <http://lattes.cnpq.br/7044248933709116>

(2) **E-mail (Corresponding author):** andrey.saboia@ifrn.edu.br

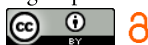
(c) Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte | Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN | Ipanguaçu, RN, Brasil | **Lattes ID:** <http://lattes.cnpq.br/4266394392935005>

(3) **E-mail:** samuray.fernandes@ifrn.edu.br

História do artigo / Article history

Recebido: 20 maio 2020 | Aceito: 11 agosto 2020 | Publicado online: 01 setembro 2020.

© Os Autor(es) 2020 | Publicado por RBRAEM. Este artigo é publicado com acesso aberto sob os termos da licença internacional Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY-NC 4.0).



RESUMO

O setor de informática está relacionado a diferentes impactos ambientais negativos ao longo da sua cadeia produtiva, dentre os quais as poluições químicas no solo, na água e no ar por metais pesados e outras substâncias tóxicas com prejuízos à saúde e qualidade ambiental em função da destinação e disposição final inadequada dos resíduos eletrônicos. Considerando a educação ambiental formal, as instituições podem ter um papel relevante na execução de projetos voltados para o tema dos resíduos eletrônicos, principalmente quando se parte do pressuposto de que as novas gerações

possuem contato assíduo com equipamentos eletroeletrônicos no cotidiano. Nesse contexto, foi desenvolvido um projeto de educação ambiental com foco na destinação ambientalmente adequada dos resíduos eletrônicos no curso técnico de nível médio em informática na forma integrada presencial no Campus Ipanguaçu do IFRN junto à turma do 1º ano em 2019, constituindo o objeto de análise do artigo. A pesquisa-ação foi adotada como fundamentação metodológica, a partir da compreensão indissociável entre teoria-prática com vistas à transformação social, sendo operacionalizada em cinco etapas. O projeto foi executado em setes encontros, contando com atividades diversificadas e adaptadas às características dos sujeitos participantes. Mediante o monitoramento e a avaliação, considera-se que o projeto conseguiu alcançar seu objetivo geral. O tema dos resíduos eletrônicos estimulou a construção de novos conhecimentos, valores e atitudes. Há a perspectiva de ampliação do projeto junto as demais turmas do curso, incluindo a realização de novas atividades e recolhimento de uma quantidade e variedade mais expressiva de resíduos eletrônicos.

Palavras-chave | Informática. Resíduo eletrônico. Educação ambiental.

ABSTRACT / RESUMEN

Computer science and electronic waste: connections through environmental education

Abstract | The information technology sector is related to different negative environmental impacts throughout its production chain, including chemical pollutants in the soil, water and air by heavy metals and other toxic substances with damage to health and environmental quality due to the destination and inadequate final disposal of electronic waste. Considering formal environmental education, institutions may have a relevant role in the execution of projects focused on the theme of electronic waste, especially when it is assumed that new generations have regular contact with electronic equipment in daily life. In this context, an environmental education project was developed with a focus on the environmentally appropriate destination of electronic waste in the high school technical course in computer science at the IFRN Ipanguaçu Campus with the 1st year class in 2019, constituting the object of analysis of the article. Action research was adopted as a methodological foundation, based on the inseparable understanding between theory and practice with a view to social transformation, being operationalized in five stages. The project was carried out in seven meetings, with diversified activities and adapted to the characteristics of the participating subjects. Through monitoring and evaluation, the project is considered to have achieved its overall objective. The topic of electronic waste stimulated the construction of new knowledge, values and attitudes. There is the prospect of expanding the project with the other classes of the course, including carrying out new activities and collecting a more significant amount and variety of electronic waste.

Keywords | Computer science. Electronic waste. Environmental education.

Informática y residuos electrónicos: conexiones a través de la educación ambiental

Resumen | El sector de informática está relacionado a diferentes impactos ambientales negativos a lo largo de su cadena productiva, entre los cuales están las contaminaciones químicas en el suelo, en el agua y en el aire por metales pesados y otras sustancias tóxicas con perjuicios a la salud y calidad ambiental en función de la destinación y disposición final inadecuada de los residuos electrónicos. Considerando la educación ambiental formal, las instituciones pueden tener un papel relevante en la ejecución de proyectos relacionados al tema de los residuos electrónicos, principalmente cuando se parte del presupuesto de que las nuevas generaciones poseen contacto asiduo con aparatos electroelectrónicos en el cotidiano. En ese contexto, fue desarrollado un proyecto de educación ambiental con énfasis en la destinação ambientalmente adecuada de los residuos electrónicos en el curso técnico de nivel medio en informática en la modalidad integrada presencial en el *Campus Ipanguaçu* de IFRN junto al grupo de primer año en 2019, constituyendo el objeto de análisis del artículo. La investigación acción fue adoptada como fundamentación metodológica, a partir de la comprensión indisociable entre teoría y práctica con enfoque en la transformación social, siendo operacionalizada en cinco etapas. El proyecto fue ejecutado en siete encuentros, contando con actividades diversificadas y adaptadas a las características de los sujetos participantes. Mediante la supervisión y la evaluación, se considera que el proyecto consiguió alcanzar su objetivo general. El tema de los residuos electrónicos estimuló la construcción de nuevos conocimientos, valores y actitudes. Hay la perspectiva de ampliación del proyecto junto a los demás grupos del curso,

incluyendo la realización de nuevas actividades y recogimiento de una cantidad y variedad más expresiva de residuos electrónicos.

Palabras-clave | Informática. Resíduos eletrônicos. Educação ambiental.

Introdução

O desenvolvimento da informática contribuiu para a revolução técnico-científica-informacional no contexto do processo de globalização. Atualmente, o avanço deste setor tem provocado modificações no meio ambiente, nas tecnologias, nas atividades econômicas, na dinâmica da política e no modo de vida contemporâneo, em diferentes realidades sociais e escalas espaciais (SANTOS, 2008).

O setor de informática está relacionado a diferentes impactos ambientais negativos ao longo da sua cadeia produtiva, dentre os quais as poluições químicas no solo, na água e no ar por metais pesados e outras substâncias tóxicas, acarretando prejuízos à saúde e qualidade ambiental em função da destinação e disposição final inadequada dos resíduos eletrônicos.

Segundo o relatório “Uma nova visão circular para eletrônicos: hora de um reinício global” (2019) produzido pela Plataforma para Aceleração da Economia Circular (PACE) e Coalizão das Nações Unidas sobre Lixo Eletrônico, a estimativa é que o mundo produz 50 milhões de toneladas de resíduos eletrônicos por ano. Contudo, menos de 20% deste resíduo é formalmente reciclado de modo ambientalmente adequado.

Entende-se por resíduo eletrônico (e-lixo) todos os itens que compõem equipamentos elétricos e eletrônicos, incluindo as peças descartadas pelos proprietários sem a intenção de reutilização. Os resíduos eletrônicos podem ser classificados em seis categorias: equipamentos de troca de temperatura; telas e monitores; lâmpadas; equipamentos de grande porte; equipamentos de pequeno porte; equipamentos pequenos de tecnologia da informação e telecomunicações (BALDÉ; FORTI; GRAY; KUEHR; STEGMANN, 2017).

Os países com elevados padrões de desenvolvimento econômico e tecnológico são os maiores consumidores de equipamentos elétricos e eletrônicos e, conseqüentemente, constituem-se como os grandes geradores de e-lixo no mundo. Entretanto, uma parcela significativa destes resíduos é destinada para países em desenvolvimento, onde populações socioeconomicamente vulneráveis trabalham informalmente na reciclagem (PACE, 2019). Este panorama revela um dos aspectos contraditórios das relações entre centro e periferia na ordem internacional quanto à distribuição dos passivos ambientais.

O Brasil, por sua vez, é considerado um dos maiores geradores e destinos dos resíduos eletrônicos do mundo, sendo o segundo maior do continente americano com uma produção de 1,5 milhão de toneladas, ficando atrás apenas dos Estados Unidos da América (BALDÉ; FORTI; GRAY; KUEHR; STEGMANN, 2017).

Contudo, a destinação e disposição final dos resíduos sólidos no Brasil constitui uma das grandes deficiências na promoção da gestão ambiental pública. Apesar da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) ser um importante marco legal para o país, sua implantação em escala nacional, regional e estadual não ocorre com eficácia, pois ainda há uma quantidade expressiva de lixões e aterros controlados e um percentual limitado de sistemas de logística reversa e de reciclagem de resíduos sólidos (ABRELPE, 2019).

No que se refere aos resíduos eletrônicos, somente no mês de outubro do ano de 2019 foi realizada assinatura do acordo setorial entre o governo federal e entidades representativas dos setores produtivos com o intuito de implantar os sistemas de logística reversa para este tipo de resíduo. O acordo setorial prevê duas fases: a primeira para estruturação do sistema de logística

reversa e a segunda para implementação e operacionalização (MMA, 2019).

Diante da problemática global e nacional dos resíduos eletrônicos, a educação ambiental pode contribuir para a sensibilização dos sujeitos quanto à compreensão dos impactos ambientais negativos que os resíduos eletrônicos podem provocar ao mesmo tempo em que incentiva a participação social na busca por soluções viáveis do ponto de vista da promoção do gerenciamento ambientalmente adequado.

Cabe ressaltar que, além de ser um dos instrumentos previstos no artigo 8º da PNRS, a educação ambiental é um dever constitucional do Estado brasileiro previsto no inciso VI do parágrafo 1º do artigo 225 da Constituição Federal: “promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente”.

Na Política Nacional da Educação Ambiental (PNEA), educação ambiental é definida no artigo 1º como “os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade”.

Em um sentido mais amplo, a educação ambiental contribui para a participação social, a cidadania e a democracia, tendo em vista que,

Do ponto de vista de sua dimensão política-pedagógica, a EA poderia ser definida, *lato sensu*, como uma educação crítica voltada para a cidadania. Uma cidadania expandida, que inclui como objeto de direitos e integridade dos bens naturais não renováveis, o caráter público e a igualdade na gestão daqueles bens naturais dos quais depende a existência humana. Nesse sentido, uma EA crítica deveria fornecer os elementos para a formação de um sujeito capaz tanto de identificar a dimensão conflituosa das relações sociais que se expressam em torno da questão ambiental quanto de

posicionar-se diante desta (CARVALHO, 2012, p. 165).

No âmbito da educação ambiental formal, as instituições de educação podem ter um papel relevante na elaboração e execução de ações e projetos voltados para o tema dos resíduos eletrônicos, principalmente quando se parte do pressuposto de que as novas gerações possuem contato assíduo com equipamentos elétricos e eletrônicos no cotidiano.

No Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), instituição pública de educação profissional e tecnológica distribuída em 22 *campi*, 17 destes oferecem o curso técnico de nível médio em informática na forma integrada presencial. Embora a problematização dos resíduos eletrônicos por meio da educação ambiental não deva ser exclusiva para esse tipo de curso, é fundamental que o profissional técnico em informática compreenda os impactos negativos e a importância do gerenciamento ambientalmente adequado do e-lixo.

Na dimensão do currículo, o projeto pedagógico do curso ao tratar do perfil profissional de conclusão prevê que o técnico em informática seja capaz de “conhecer e aplicar normas de sustentabilidade ambiental, respeitando o meio ambiente e entendendo a sociedade como uma construção humana dotada de tempo, espaço e história” (IFRN, 2011, p. 12).

Lima e Costa (2019) analisaram a dimensão ambiental no curso técnico de nível médio em informática na forma integrada presencial no Campus Ipanguaçu do IFRN e constataram a necessidade de ações e projetos voltados para a articulação entre educação ambiental e informática. Nas palavras das autoras,

O curso técnico em informática apresenta um elevado potencial de contribuição para o desenvolvimento de experiências, ações, atividades e projetos que relacionem as aplicações do conhecimento técnico-científico do setor de informática às situações-problemas e busca por soluções ambientais de cunho tecnológico (2019, p. 12).

Diante da necessidade apresentada, foi planejado e executado um projeto de educação ambiental com foco na destinação ambientalmente adequada dos resíduos eletrônicos no curso técnico de nível médio em informática na forma integrada presencial no Campus Ipanguaçu do IFRN junto à turma do 1º ano no decorrer de 2019.

Partiu-se do pressuposto de que é essencial desde o início do curso que os discentes construam conhecimentos, valores e atitudes relacionadas à problematização ambiental do e-lixo. Desse modo, o objetivo do artigo é analisar as relações entre informática, resíduos eletrônicos e educação ambiental por meio dos principais resultados alcançados com o projeto.

Metodologia

O projeto foi realizado no Campus Ipanguaçu do IFRN, localizado na zona rural do município de Ipanguaçu às margens da rodovia RN 118 – sem número – povoado Base Física, fazendo parte da microrregião do Vale do Açu, estado do Rio Grande do Norte. O Campus concentra as seguintes ofertas formativas: curso técnico de nível médio em informática na forma integrada; curso técnico de nível médio em suporte e manutenção em informática na forma subsequente; curso técnico de nível médio em meio ambiente na forma integrada e na forma subsequente; curso técnico de nível médio em agroecologia na forma integrada nas modalidades regular e de educação de jovens e adultos; curso superior de tecnologia em agroecologia; curso superior de licenciatura em química; curso superior de licenciatura em informática.

O Campus Ipanguaçu do IFRN atende quase 1.100 estudantes, residentes em municípios pertencentes às microrregiões do Vale do Açu, de Angicos, de Macau, do Médio Oeste e da Serra de Santana. Estes municípios não possuem aterro sanitário, dispondo seus resíduos sólidos em lixões ou aterros controlados (RIO GRANDE DO NORTE, 2015).

O projeto de educação ambiental com foco na destinação ambientalmente adequada dos resíduos eletrônicos foi oriundo do

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) de uma discente concluinte do curso técnico de nível médio em informática na forma integrada presencial, contando com orientação de dois docentes, um da área de meio ambiente e outro do núcleo de informática.

A pesquisa-ação em educação ambiental foi adotada como fundamentação metodológica, a partir da compreensão indissociável entre teoria-prática com vistas à transformação social. Nas palavras de Tozoni-Reis (2008, p. 163),

Consideremos a necessidade de reconhecer o potencial investigativo da metodologia da pesquisa-ação. Esse potencial se expressa pela principal característica da metodologia, que permite – mais do que permitir, ela exige – a articulação profunda e radical entre a produção de conhecimentos e a ação educativa. Isso significa dizer que a metodologia da pesquisa-ação refere-se a um tipo especial de produção de conhecimentos, comprometida com a ação-intervenção no espaço social em que realiza a investigação. No caso da pesquisa-ação em educação, a compreensão, pela investigação, do fenômeno educativo articula-se à ação de educar, isto é, o fenômeno educativo é investigado no próprio processo de educar. Trata-se, portanto, de radicalizarmos na superação da neutralidade da pesquisa científica: o ato investigativo está comprometido, profundamente, com o ato educativo crítico, transformador e emancipatório.

A metodologia operacional foi organizada em etapas, se baseando em Marconi e Lakatos (2010). Na primeira etapa foi realizada uma revisão bibliográfica, com o intuito de compreender a problemática dos resíduos eletrônicos e os fundamentos teóricos, metodológicos e legais da educação ambiental.

A segunda etapa compreendeu a elaboração do projeto, composto dos seguintes elementos: tema; justificativa; local; sujeitos participantes; objetivos; metodologia;

cronograma de atividades; recursos a serem utilizados; e monitoramento e avaliação.

Na terceira etapa ocorreu a execução do projeto, cujos sujeitos participantes foram os discentes da turma do 1º ano do curso técnico de nível médio em informática na forma integrada presencial. A turma era formada por 36 estudantes com faixa etária entre 15 e 20 anos. O Quadro 1 sistematiza as datas dos encontros, os tipos de atividades e suas descrições.

Na quarta etapa foi criado um sítio da internet a fim de articular os conhecimentos construídos pela mediadora do projeto ao longo do curso técnico em informática com os aprendizados sobre educação ambiental com foco na destinação ambientalmente adequada dos resíduos eletrônicos.

Para o desenvolvimento da página web foram utilizadas tecnologias básicas como *Hypertext Markup Language* (HTML) para modelagem e estruturação do site; *Cascading Style Sheet* (CSS) para o estilo; *Hypertext Preprocessor* (PHP) para a comunicação *backend* (SILVA, 2012; 2015). O sítio da internet foi denominado de TEC Consciente, cuja funcionalidade é apresentar o projeto desenvolvido no Campus Ipanguaçu do IFRN, bem como compartilhar informações sobre educação ambiental e a problemática dos resíduos eletrônicos no mundo e no Brasil.

A quinta etapa correspondeu à análise dos dados quantitativos e qualitativos coletados ao longo do projeto que permitiram a avaliação final e a exposição dos resultados e discussões.

Quadro 1. Cronograma de atividades.

Data	Atividade	Descrição das atividades
16/10/2019	1. Aplicação do questionário diagnóstico.	Aplicação do questionário diagnóstico para avaliação dos conhecimentos prévios dos discentes e coleta de dados para construção das atividades.
23/10/2019	1. Apresentação da proposta do projeto. 2. Aula dialogada.	Apresentação da proposta do projeto e execução de aula dialogada com o objetivo de sensibilizar os discentes sobre os conceitos de meio ambiente, educação ambiental, desenvolvimento sustentável e a problemática dos resíduos eletrônicos no mundo, no Brasil e no Rio Grande do Norte.
30/10/2019	1. Aula dialogada.	Realização de aula dialogada com o objetivo de sensibilizar os discentes sobre obsolescência (programada e perceptiva) e a PNRS.
06/11/2019	1. Prática. 2. Roda de conversa.	Destinação de resíduos eletrônicos (pilhas e baterias) em um dos coletores do Campus Ipanguaçu do IFRN. Diálogo sobre os desafios da PNRS no Brasil e no Rio Grande do Norte com ênfase no e-lixo.
20/11/2019	1. Socialização de objetos confeccionados pelos discentes. 2. Debate.	Socialização dos objetos confeccionados pelos discentes com resíduos eletrônicos, seguido por um debate sobre a importância da criatividade, da reutilização e da redução do consumismo.

13/11/2019	1. Roda de conversa.	Exibição do sítio da internet construído pela mediadora do projeto sobre resíduos eletrônicos, bem como explanação sobre os conhecimentos de informática utilizados e coleta de sugestões dos discentes para melhoria da página.
27/11/2019	1. Aplicação do questionário final. 2. Encerramento do projeto.	Aplicação do questionário final para avaliação dos conhecimentos construídos pelos discentes durante o projeto. Encerramento do projeto por meio de uma roda de conversa.

Fonte: Autores, 2019.

Resultados e discussão

No primeiro encontro foi aplicado o questionário diagnóstico por meio de formulário digital misto com o objetivo de avaliar conhecimentos prévios dos discentes e coletar dados para construção das atividades do projeto. Foi constatado que a maioria dos estudantes apresentou respostas com pouca articulação e complexidade de conhecimentos sobre resíduos eletrônicos e educação ambiental.

A primeira pergunta do questionário foi voltada para o conceito de meio ambiente. Todos os estudantes conceituaram que o meio ambiente está relacionado à natureza, ao ecossistema ou a algo que não foi modificado pelo ser humano, revelando uma concepção de tradição naturalista. Contudo, a abordagem globalizante do meio ambiente integra natureza e sociedade em suas múltiplas relações e arranjos espaciais (REIGOTA, 2009). Por esta razão, o conceito de meio ambiente foi priorizado, sendo o primeiro a ser discutido no segundo encontro do projeto e reforçado por meio de atividade.

A segunda pergunta do questionário abordou a concepção dos estudantes sobre educação ambiental. A aceção predominante foi generalista, com destaque para as ideias de respeito, cuidado e aprendizado da natureza. Desse modo, a educação ambiental foi discutida conceitualmente e legalmente no segundo encontro e, ao longo dos demais momentos com a turma, foi reforçado seu significado e relevância em uma perspectiva global e política,

Quando afirmamos e definimos a educação ambiental como educação política, estamos afirmando que o que deve ser considerado prioritariamente na educação ambiental é a análise das relações políticas, econômicas, sociais e culturais entre a humanidade e a natureza e as relações entre os seres humanos, visando a superação dos mecanismos de controle e de dominação que impedem a participação livre, consciente e democrática de todos. A educação ambiental como educação política está comprometida com a ampliação da cidadania, da liberdade, da autonomia e da intervenção direta dos cidadãos e das cidadãs na busca de soluções e alternativas que permitam a convivência digna e voltada para o bem comum (REIGOTA, 2009, p. 13-14).

A terceira pergunta do questionário foi direcionada para o conceito de resíduo eletrônico. Pouco mais da metade da turma (55,5%) não conhecia a definição de e-lixo. Não obstante, na quarta pergunta do questionário, que indagou sobre exemplos de resíduos eletrônicos, a maioria das respostas não foram preenchidas e os que responderam escreveram exemplos convencionais, tais como computadores e celulares. No segundo encontro este foi um dos conceitos priorizados, onde o e-lixo foi definido, classificado e vários exemplos foram expostos se baseando em Baldé, Forti, Gray, Kuehr e Stegmann (2017).

A quinta pergunta foi sobre os impactos ambientais negativos que os resíduos eletrônicos podem provocar quando destinados e dispostos de forma ambientalmente inadequada. 55,5% da turma afirmaram que não possuíam conhecimentos suficientes para explicar o tema. Por este motivo, no segundo encontro foi dada ênfase à problemática ambiental dos resíduos eletrônicos, desde a escala do Rio Grande do Norte até a global.

A sexta pergunta indagou se os educandos consideravam importante o estudo e debate do tema dos resíduos eletrônicos no curso técnico em informática. A maior parcela dos estudantes (88,8%) afirmou que considera importante, o que revelou uma potencialidade do projeto de educação ambiental.

No que se refere ao conhecimento por parte dos estudantes sobre a possibilidade de reciclagem dos resíduos eletrônicos, na sétima pergunta 66,6% afirmaram que é possível reciclar e-lixo. Nesta pergunta considerou-se que muitos discentes responderam por intuição, haja vista que nas questões anteriores a maioria não conhecia o significado de resíduos eletrônicos e seus exemplos. No terceiro encontro, a reciclagem do e-lixo foi discutida no contexto da sua relação com a logística reversa e com a PNRS. Foi explanado o percentual bastante reduzido de reciclagem de resíduo eletrônico no mundo, bem como as dificuldades técnicas de separação e reciclagem de determinados equipamentos, componentes e circuitos.

A quase totalidade (97,2%) respondeu que nunca ouviram falar da PNRS, conforme a oitava pergunta do questionário. Desse modo, no terceiro e no quarto encontro foram trabalhados aspectos importantes da PNRS. Uma das contribuições da educação ambiental como instrumento da PNRS é impulsionar o seu conhecimento e principalmente a sensibilização e participação social no avanço do gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos.

A nona pergunta do questionário deixou explícita a necessidade de discussão sobre logística reversa, pois 100% dos discentes responderam que não conheciam o termo. A

logística reversa é um instrumento fundamental da PNRS, sendo definida no inciso XII do artigo 3º como,

[...] instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.

Os sistemas de logística reversa devem ser estruturados e implantados em uma perspectiva de responsabilidade compartilhada pelos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, de forma independente ao serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010). No caso dos resíduos eletrônicos, suas regulamentações são bastante recentes, por meio do decreto federal nº 9.177, de 23 de outubro de 2017, e do decreto federal nº 10.240, de 12 de fevereiro de 2020. A logística reversa foi bastante discutida no terceiro e no quarto encontro no cerne da PNRS.

Uma porcentagem significativa de discentes (94,4%) desconheciam a expressão obsolescência, contida na décima pergunta do questionário. O conceito é relevante para a compreensão da problemática ambiental dos resíduos eletrônicos em escala global, especialmente quanto ao sistema econômico dominante de produção linear em massa. De acordo com Rossini e Napolini (2017, p. 62),

O ideal seria que um produto eletroeletrônico somente atingisse o ponto de resíduo de equipamento eletroeletrônico (REE) depois de esgotadas as possibilidades de reparo, atualização ou reuso. Entretanto, a grande maioria possui um ciclo de vida curto devido à obsolescência programada aliada com a perceptiva. A indústria ao lançar um novo modelo tecnológico torna incompatíveis as peças de reposição entre os modelos antigos e o novo, além de elevar os preços dessas peças para desestimular o reparo e incentivar a compra de um

novo produto. A obsolescência perceptiva ocorre por meio das ações de propaganda, que criam constantemente o desejo pelo novo, pela tecnologia mais avançada, estimulando a troca de produtos que ainda estão em plena vida útil por outro modelo com algumas inovações, como ocorre com os celulares, por exemplo.

Na pergunta onze os estudantes foram indagados sobre a existência de ecoponto para destinação de resíduos eletrônicos em seus municípios. Um percentual expressivo não soube informar (80,5%), o que expõe a falta de informação dos discentes sobre a gestão do e-lixo em sua realidade mais próxima e a necessidade da educação ambiental como instrumento de sensibilização e mobilização dos sujeitos na escala local.

Conforme a pergunta doze sobre a destinação dos resíduos eletrônicos na residência dos estudantes, 69,4% afirmaram que depositam em algum móvel da casa e 30,6% acondicionam na lixeira com os demais resíduos domiciliares, situação inadequada considerando que os resíduos sólidos são dispostos em lixões ou aterros controlados na microrregião do Vale do Açu e em outras microrregiões circunvizinhas.

Tendo em vista que o Campus Ipanguaçu do IFRN faz parte do cotidiano dos educandos, foi perguntado na questão treze se eles sabiam da existência de um ecoponto na instituição para resíduo eletrônico. 88,8% afirmaram que não, enquanto 11,2% responderam que sim. Este dado deixou explícita a necessidade de maior divulgação do ecoponto e engajamento da comunidade acadêmica quanto à destinação de e-lixo de forma ambientalmente adequada. As pilhas e baterias coletadas no Campus Ipanguaçu são destinadas para um ecoponto localizado na capital potiguar.

A aplicação do questionário diagnóstico foi fundamental para a compreensão das necessidades dos estudantes quanto ao tema dos resíduos eletrônicos, o que reforçou a justificativa de execução do projeto de educação ambiental, especialmente no curso técnico em

informática que lida diretamente com equipamentos e e-lixo em seu cotidiano.

No segundo encontro ocorreu a apresentação da proposta do projeto, onde foram solicitadas sugestões de atividades de interesse dos estudantes. Após o momento inicial, uma aula dialogada foi executada com o objetivo de apresentar e debater os conceitos de meio ambiente, educação ambiental e desenvolvimento sustentável, bem como sensibilizar os discentes quanto à problemática dos resíduos eletrônicos no Rio Grande do Norte, no Brasil e no mundo. A participação dos estudantes foi notória, tornando o momento interativo. Alguns discentes relataram que até então no curso técnico em informática não tinham noção da dimensão da problemática do e-lixo. Como instrumento de avaliação, foi encaminhada uma atividade com questões reflexivas sobre a vida dos estudantes em sua realidade local, com foco na utilização e sistematização dos conceitos discutidos na aula.

No terceiro encontro foram solicitadas as atividades propostas e realizada uma breve revisão. Uma aula dialogada foi ministrada com o objetivo de sensibilizar os discentes sobre obsolescência (programada e perceptiva) e a PNRS com ênfase em reciclagem e logística reversa de e-lixo. Inicialmente foi exibido o vídeo "A história dos eletrônicos". Em seguida, a turma foi dividida em pequenos grupos que construíram mapas mentais sobre o vídeo, apresentando-os e gerando o debate sobre obsolescência. Em seguida, a mediadora do projeto contextualizou a PNRS. Como encaminhamento da aula foi requerido aos alunos que produzissem uma lista dos resíduos eletrônicos existentes em suas residências e que trouxessem para o próximo momento pilhas e baterias sem serventia.

No quarto encontro ocorreu uma prática da destinação de resíduos eletrônicos (pilhas e baterias) em um dos coletores do Campus Ipanguaçu do IFRN. O objetivo foi apresentar o ecoponto aos estudantes, assim como problematizar por meio de uma roda de conversa a importância destes espaços nas instituições como contribuição para a logística reversa no âmbito da PNRS. Alguns estudantes relataram que ficaram surpresos com a quantidade de pilhas

e baterias sem serventia presentes em gavetas e armários em suas casas. Como atividades propostas, foi solicitado que pesquisassem a existência de ecopontos em seus municípios e que

criassem objetos por meio da reutilização de resíduos eletrônicos. A Figura 1 exibe o momento da destinação das pilhas e baterias.

Figura 1: Destinação de pilhas e baterias no ecoponto do Campus Ipanguaçu do IFRN.

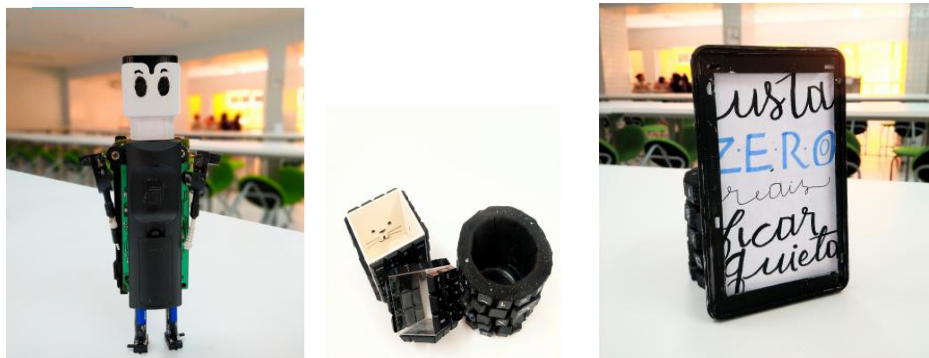


Fonte: Autores, 2019.

No quinto encontro houve a socialização dos objetos confeccionados pelos discentes com resíduos eletrônicos, seguido por um debate sobre a importância da criatividade, da reutilização e da redução do consumismo. A Figura 2 retrata alguns objetos criados. Alguns discentes explicitaram que foi uma experiência interessante exercitar a criatividade e dar novas utilidades para

objetos em desuso. Outros estudantes relataram que se sentem cobrados pela sociedade em sempre consumirem novos objetos e que isso interfere na sua aceitação em grupos. Este aspecto reforça o consumismo como elemento da cultura contemporânea com efeitos na sociabilidade dos jovens.

Figura 2. Objetos criados pelos estudantes com e-lixo.



Fonte: Autores, 2019.

No sexto encontro foi organizada uma roda de conversa para exibição do site construído

pela mediadora do projeto sobre resíduos eletrônicos, assim como uma explanação sobre os

conhecimentos técnicos de informática utilizados e coleta de sugestões dos discentes para melhoria do site. Foi um momento de muita interação, onde a mediadora apresentou as ferramentas de HTML, CSS e PHP, reforçando a importância da informática para a construção de soluções e divulgações de informações ambientais.

No sétimo encontro foi aplicado o questionário final para avaliação dos conhecimentos construídos pelos discentes durante o projeto. Posteriormente, foi dado o encerramento do projeto por meio de uma roda de conversa, onde os discentes afirmaram que a percepção ambiental foi ampliada e que iriam procurar exercitar as novas atitudes praticadas sobre a destinação ambientalmente adequada dos resíduos eletrônicos.

O monitoramento e avaliação do projeto foram pautados nos seguintes aspectos: participação durante os encontros, resolução das atividades propostas e análise das respostas dos questionários. A participação dos estudantes foi considerada bastante satisfatória, onde as pessoas mais comunicativas se destacaram nas aulas, nas rodas de conversas e nos debates. No que se refere à resolução das atividades propostas, foi percebido que todos os estudantes as executaram, o que representou um indicador importante de que os discentes estavam efetivamente participando do projeto.

Em relação ao questionário final, foram aplicadas quatro questões dissertativas com a intenção de analisar a consolidação da aprendizagem. Foi evidente uma ampliação nas conexões de informações e o desenvolvimento de respostas mais complexas em relação ao questionário diagnóstico ao utilizarem os conceitos trabalhados ao longo do projeto.

Na primeira pergunta “O que você compreendeu sobre os impactos ambientais negativos provocados pelos resíduos eletrônicos?” os discentes problematizaram as contaminações químicas do solo, da água e do ar e as interferências na saúde humana e dos demais seres vivos por metais pesados e outras substâncias presentes nos resíduos eletrônicos. Uma das respostas que seguiu esta linha foi: “que o descarte

incorreto pode afetar o solo, a vida humana, a natureza e tudo isso por causa dos metais pesados que os aparelhos tem”.

Na segunda pergunta “O que você entendeu sobre a relação entre os resíduos eletrônicos e a obsolescência programada e perceptiva?” os alunos compreenderam a obsolescência em sua forma programada e perceptiva, relacionando-a com o aumento dos resíduos eletrônicos. Uma das respostas obtidas foi: “porque a obsolescência programada e a perceptiva fazem com que o consumidor troque o seu aparelho (às vezes em ótimo estado), e assim vá fazendo um aumento nos resíduos eletrônicos em grandes lixões”.

Na terceira questão “Explique a ideia da logística reversa contextualizando-a para a realidade do Brasil e do Rio Grande do Norte.” os educandos entenderam como deveria ser o ciclo de vida dos produtos eletrônicos. Uma das respostas mais emblemáticas foi:

Logística reversa funciona como um ciclo onde os resíduos voltam para as empresas por meio do descarte correto e da reciclagem do lixo eletrônico. E essa logística é muito importante, pois no Brasil quase não há reciclagem, principalmente no RN, onde quase não existem ecopontos e nem lugares específicos para a reciclagem e depósito correto daquelas peças.

Na quarta pergunta “Você considerou importante as discussões e atividades sobre a problemática ambiental dos resíduos eletrônicos? Analise.” Todas as respostas foram positivas sobre o projeto, a exemplo de: “com certeza. Aprendi muita coisa que não fazia ideia antes e agora sei a importância do debate em relação ao lixo eletrônico e seu impacto negativo no ambiente e espero que o projeto chegue a várias pessoas que não sabem, e futuramente, a problemática seja levada mais a sério”.

Nesse contexto, é essencial que a formação educacional incorpore problematizações entre o setor de informática e o meio ambiente, de modo que os discentes compreendam que sua área de atuação

profissional tem efeitos positivos e negativos na realidade ambiental. Estabelecer conexões com a dinâmica do mundo concreto para além da instrumentação técnica dos estudantes se constitui como um desafio no qual a educação ambiental pode contribuir de forma efetiva e globalizante.

A educação ambiental em uma perspectiva crítica e com base na pesquisa-ação colabora para a construção de processos pedagógicos alicerçados em relações horizontais entre os sujeitos, na compreensão da realidade socioambiental com vistas ao estímulo à participação consciente individual e coletiva.

Considerações finais

O projeto de educação ambiental estimulou a construção de novos conhecimentos, valores e atitudes por meio da problematização coletiva sobre os resíduos eletrônicos, abordando diferentes aspectos a partir da realidade socioambiental mais próxima dos estudantes, assim como ampliando a percepção acerca do desafio do gerenciamento ambientalmente adequado do e-lixo desde a escala local até a global.

O planejamento é de que o projeto seja expandido gradualmente no Campus Ipanguaçu do IFRN para todas as turmas e cursos, com a perspectiva de realização de novas atividades e recolhimento de uma quantidade e variedade mais expressiva de resíduos eletrônicos. Além disso, há o intuito de aprimoramento da página TEC Consciente e criação de outras mídias digitais para servir de meio de divulgação do ecoponto do campus e de informações ambientais relativas aos resíduos eletrônicos. As referências bibliográficas utilizadas são bastante atuais e a metodologia empregada pode servir como inspiração para outros educadores ambientais em variadas instituições escolares.

No campo da educação ambiental, o projeto contribuiu com a discussão de um tema emergente que deve ser tratado em diferentes espaços, haja vista que os efeitos ambientais das cadeias dos produtos eletrônicos se impõem como um enorme desafio a ser solucionado ao longo do

século XXI. É essencial que a educação ambiental seja desenvolvida de forma contínua e permanente por meio de projetos ao longo do processo formativo dos sujeitos, articulando teoria e prática com foco em temas que dialoguem com as necessidades dos educandos e com a realidade socioambiental onde a instituição e a comunidade escolar estão inseridas.

No âmbito do IFRN, recomenda-se que na reformulação do projeto pedagógico do curso técnico em informática a dimensão ambiental seja incorporada de modo mais sistemático no que condiz à relação entre a informática e meio ambiente. É relevante que os futuros profissionais possuam domínio técnico, mas também estabeleçam conexões com as questões ambientais inerentes a sua área de atuação.

Referências

1. ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2018/2019**. São Paulo: ABRELPE, 2019. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/panorama/>> Acesso em: 20 nov. 2019.
2. BALDÉ, C. P.; FORTI, V.; GRAY, V.; KUEHR, R.; STEGMANN, P. **The global e-waste monitor – 2017**. United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA). Bonn/Geneva/Vienna, 2017. Disponível em: <<http://ewastemonitor.info/>>. Acesso em: 03 jun. 2019.
3. BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 03 jul. 2019.
4. _____. **Decreto nº 10.240, de 12 de fevereiro de 2020**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10240.htm> Acesso em: 20 fev. 2020.

5. _____. **Decreto nº 9.177, de 23 de outubro de 2017.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ata2015-2018/2017/Decreto/D9177.htm> Acesso em: 13 jul. 2019.
6. _____. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 13 jul. 2019.
7. _____. **Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9795.htm>. Acesso em: 05 jul. 2019.
8. CARVALHO, I. C. de M. **Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico.** 6. ed. São Paulo: Cortez, 2012.
9. DO Ó, A. L. S. **TEC Consciente, 2020.** Disponível em: <<https://13022000.github.io/trabalho-de-conclusao-de-curso/>> Acesso em: 01 maio 2020.
10. IFRN – INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO NORTE. **Projeto pedagógico do curso técnico de nível médio em informática na forma integrada presencial.** Natal: IFRN, 2011. Disponível em: <<https://portal.ifrn.edu.br/ensino/cursos/cursos-tecnicos-de-nivel-medio/tecnico-integrado/tecnico-em-informatica/view>>. Acesso em: 15 maio. 2019.
11. LIMA, E. B.; COSTA, J. O. **Análise da dimensão ambiental no curso técnico em informática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - campus Ipangaçu.** 2019. 14 f. TCC - Trabalho de conclusão de Curso (curso técnico em meio ambiente na forma integrada presencial) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte: Ipangaçu, 2019.
12. MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica.** 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
13. MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Ministério do Meio Ambiente celebra acordo setorial de eletroeletrônicos.** Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/informma/item/15652-minist%C3%A9rio-do-meio-ambiente-celebra-acordo-setorial-de-eletroeletr%C3%B4nicos.html>>. Acesso em: 02 nov. 2019.
14. PACE – THE PLATFORM FOR ACCELERATING THE CIRCULAR ECONOMY. **A new circular vision for electronics: time for a global reboot.** World Economic Forum, 2019. Disponível em: <http://www3.weforum.org/docs/WEF_A_New_Circular_Vision_for_Electronics.pdf> Acesso em: 17 jun. 2019.
15. REIGOTA, M. **O que é educação ambiental?** 2. ed. São Paulo: Brasiliense, 2009.
16. RIO GRANDE DO NORTE. **Plano estadual de resíduos sólidos do Rio Grande do Norte: produto 2 - panorama dos resíduos sólidos no estado do Rio Grande do Norte.** Natal: SEMARH, 2015.
17. ROSSINI, V.; NASPOLINI, S. H. D. F. **Obsolescência programada e meio ambiente: a geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.** *Revista de Direito e Sustentabilidade.* v. 3, n. 1, p. 51-71, jan./jun. 2017. Disponível em (doi): <http://dx.doi.org/10.26668/IndexLawJournals/2525-9687/2017.v3i1.2044>. Acesso em: 05 out. 2019.
18. SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção.** 4. ed. 4. reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.
19. SILVA, M. S. **Fundamentos de CSS.** In: SILVA, M. S. **CSS3: desenvolva aplicações web profissionais com uso dos poderosos recursos de estilização das CSS3.** São Paulo: Novatec, 2012.
20. SILVA, M. S. **Histórico, ferramentas e terminologia.** In: SILVA, M. S. **Fundamentos de HTML5 e CSS3.** São Paulo: Novatec, 2015.
21. TOZONI-REIS, M. F. de C. **Pesquisa-ação em educação ambiental.** *Pesquisa em educação ambiental,* v. 3, n. 1, p. 155-169, jan./jun. 2008. Disponível em (doi): <https://doi.org/10.11606/issn.2177->

580X.v3i1p155-169. Acesso em: 27 jul.
2019.