



RECICLATIVA: RESÍDUOS ELETRÔNICOS COMO FERRAMENTA DE APRENDIZADO NA FORMAÇÃO DE ENGENHEIROS ELETRICISTAS

RECYCACTIVE: ELECTRONIC WASTE AS A LEARNING TOOL IN THE EDUCATION OF ELECTRICAL ENGINEERS

Sandra Lúcia Nogueira¹

DOI: 10.37702/REE2236-0158.v44p426-438.2025

RESUMO: Este trabalho apresenta o projeto ReciclAtiva, desenvolvido com estudantes de Engenharia Elétrica, cujo propósito é integrar sustentabilidade e aprendizagem prática por meio do reaproveitamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE). A atividade, baseada em aprendizagem por projeto (ABP) e com caráter extensionista, envolveu etapas de coleta, triagem e desmontagem de componentes eletrônicos, seguidas da construção de protótipos funcionais, posteriormente doados a escolas públicas. O processo buscou desenvolver competências técnicas e socioemocionais previstas nas Diretrizes Curriculares Nacionais (CNE/CES nº 2/2019) (Brasil, 2019), promovendo a responsabilidade ambiental e o trabalho em equipe. A avaliação qualitativa se baseou em observações sistemáticas e relatos de alunos e professores, que indicaram avanços na compreensão de circuitos, na criatividade e no engajamento coletivo. O projeto se mostrou viável como estratégia interdisciplinar de ensino e extensão, fortalecendo a formação ética e técnica do futuro engenheiro eletricista e abrindo caminho para estudos quantitativos em trabalhos futuros.

PALAVRAS-CHAVE: sustentabilidade; reciclagem de eletrônicos; ensino prático; economia circular; impacto social.

ABSTRACT: This paper presents the ReciclAtiva project, developed with Electrical Engineering students to integrate sustainability and hands-on learning through the reuse of waste electrical and electronic equipment (WEEE). The activity, grounded in project-based learning (PBL) and with an outreach-oriented approach, involved collecting, sorting, and disassembling electronic components, followed by building functional prototypes later donated to public schools. The process aimed to foster technical and socio-emotional skills outlined in the Brazilian National Curriculum Guidelines for Engineering (CNE/CES No. 2/2019) (Brasil, 2019), promoting environmental responsibility and teamwork. The qualitative evaluation, based on classroom observations and student-teacher reports, revealed gains in understanding basic circuits, creativity, and collective engagement. The project proved to be a feasible interdisciplinary teaching and outreach strategy that strengthens both the ethical and technical education of future electrical engineers, paving the way for future studies employing quantitative assessment methods.

KEYWORDS: sustainability; electronic recycling; practical learning; circular economy; social impact.

¹ Professora Doutora em Física, docente do curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), sandraln@unipam.edu.br



INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico e a rápida obsolescência dos equipamentos eletrônicos têm impulsionado o aumento expressivo dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE), cujo descarte inadequado representa um desafio ambiental global. Segundo o Global E-Waste Monitor 2024, elaborado pelo *United Nations Institute for Training and Research* (UNITAR, 2024), o mundo gerou mais de 62 milhões de toneladas de REEE em 2023, e apenas 22% desse total recebeu destinação ambientalmente adequada. Esses resíduos contêm metais pesados e substâncias tóxicas que contaminam o solo e os recursos hídricos, demandando ações educativas e tecnológicas para mitigar seus impactos (Silva e Cunha, 2022; Oliveira, Soares e Lopes, 2023).

No contexto da formação em Engenharia, esse tema assume relevância particular. As Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia (CNE/CES nº 2/2019) (Brasil, 2019) enfatizam que o engenheiro deve desenvolver competências voltadas à sustentabilidade, à ética e à responsabilidade social. Assim, incorporar discussões e práticas relacionadas ao reaproveitamento de REEE no processo formativo contribui para integrar a teoria à prática e ampliar a consciência ambiental dos futuros profissionais (Farias, Oliveira e Souza, 2022; Mendonça, Lima e Barbosa, 2024).

Entre as abordagens pedagógicas capazes de promover essa integração, destaca-se a aprendizagem baseada em projetos (ABP), que se fundamenta na resolução de problemas reais e no protagonismo estudantil. Diversos estudos demonstram que a ABP favorece o desenvolvimento de competências técnicas e socioemocionais, estimulando a criatividade, a colaboração e o pensamento crítico (Bender, 2014; Barreto e Freitas, 2019; Costa, Martins e Lopes, 2023). Em cursos de Engenharia Elétrica, a aplicação dessa metodologia tem se mostrado eficaz para consolidar conteúdos de eletrônica, soldagem e circuitos, além de aproximar o estudante da realidade profissional e dos desafios socioambientais contemporâneos (Santos e Pereira, 2021; Ferreira, Lima e Vieira, 2020).

Além do viés técnico, iniciativas dessa natureza se articulam à extensão universitária, entendida como um processo educativo, cultural e científico que integra a universidade à sociedade. A Resolução CNE/CES nº 7/2018 (Brasil, 2018) determina que as atividades de extensão componham ao menos 10% da carga horária total dos cursos de graduação, promovendo a formação cidadã e transformadora. Projetos que envolvem escolas e comunidades locais fortalecem



a relação entre conhecimento acadêmico e impacto social (Fernandes e Reis, 2020; Gomes, Lima e Ribeiro, 2023).

Nesse cenário, o projeto ReciclAtiva foi concebido como uma proposta didático-pedagógica que une eletrônica, sustentabilidade e extensão universitária. Por meio da coleta, desmontagem e reaproveitamento de componentes eletrônicos descartados, os estudantes de Engenharia Elétrica puderam vivenciar a aplicação prática de conceitos teóricos, desenvolver protótipos funcionais e refletir sobre o papel do engenheiro na construção de uma sociedade mais sustentável. A experiência buscou demonstrar que o uso pedagógico dos REEE pode potencializar a aprendizagem e promover valores éticos e socioambientais essenciais à formação do engenheiro eletricitista contemporâneo.

METODOLOGIA

O projeto ReciclAtiva foi desenvolvido no âmbito da disciplina de Projeto Integrador, com estudantes dos 2º e 4º períodos do curso de Engenharia Elétrica de uma Instituição de Ensino Superior do interior de Minas Gerais. A proposta teve caráter interdisciplinar e extensionista, articulando conteúdos de eletrônica, sustentabilidade e responsabilidade social, em consonância com as Diretrizes Curriculares Nacionais (CNE/CES nº 2/2019) (Brasil, 2019).

O desenvolvimento do projeto ocorreu ao longo de um semestre letivo e foi estruturado em quatro etapas principais, descritas a seguir.

Sensibilização e coleta de REEE

Na etapa inicial, os estudantes participaram de palestras e rodas de conversa sobre o impacto ambiental e social dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE). Foram apresentados dados da ONU e de estudos recentes sobre o crescimento do lixo eletrônico (UNITAR, 2024; Silva e Cunha, 2022; Oliveira, Soares e Lopes, 2023), além de práticas de economia circular e *design* sustentável. Em seguida, os alunos organizaram campanhas de coleta no *campus* e em residências, recolhendo cabos, motores, placas, carcaças plásticas e demais componentes reaproveitáveis.



Desmontagem e triagem

Os equipamentos foram desmontados em laboratório sob supervisão docente, com foco em segurança e reutilização. As equipes catalogaram os materiais e classificaram os componentes de acordo com sua natureza (metálicos, plásticos, eletrônicos), reforçando conceitos de condutividade, resistência elétrica e isolamento. Essa etapa também incentivou a reflexão sobre o potencial de reaproveitamento de cada material (Silva e Cunha, 2022).

Prototipagem e testes

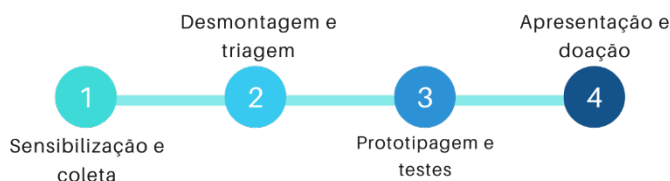
Com base nos componentes reaproveitados, os grupos planejaram e construíram protótipos funcionais, aplicando princípios de eletrônica básica, soldagem e montagem. As ideias incluíram brinquedos educativos, luminárias, fontes de energia e dispositivos de sinalização. O desenvolvimento dos protótipos seguiu a metodologia da aprendizagem baseada em projetos (ABP), que favorece o protagonismo discente e a integração entre teoria e prática (Bender, 2014; Barreto e Freitas, 2019; Costa, Martins e Lopes, 2023). Durante o processo, os estudantes registraram as etapas de montagem e os ajustes necessários nos testes de funcionamento.

Apresentação e doação

Após os testes, os protótipos foram expostos em uma feira interna de projetos e posteriormente doados a escolas públicas do município, em atividades de extensão supervisionadas por docentes. Nesses momentos, os próprios alunos apresentaram o funcionamento dos dispositivos às crianças e professores, promovendo a disseminação de conhecimentos básicos de eletricidade e sustentabilidade. A iniciativa contribuiu para consolidar a articulação entre ensino e extensão, conforme propõem as Resoluções CNE/CES nº 2/2019 e nº 7/2018 (Brasil, 2018; Brasil, 2019; Fernandes e Reis, 2020; Gomes, Lima e Ribeiro, 2023).



Figura 1 – Fluxograma das etapas do projeto ReciclaTiva



Fonte: elaborada pela autora.

Procedimentos de avaliação

A avaliação do projeto seguiu uma abordagem qualitativa e descritiva, baseada em observações sistemáticas e relatos espontâneos registrados pelos estudantes e pela professora da disciplina durante as atividades. As análises consideraram três dimensões principais:

- i) domínio técnico e criatividade: aplicação de conceitos teóricos de eletrônica e desenvolvimento de soluções originais com materiais reaproveitados;
- ii) engajamento e colaboração: presença e participação nas atividades, cooperação entre equipes e autonomia nas decisões de projeto;
- iii) consciência ambiental e social: compreensão da importância do reaproveitamento de REEE e da extensão como prática transformadora.

Os registros foram analisados por análise de conteúdo, conforme Bardin (2011) e Creswell (2021), permitindo identificar padrões de aprendizagem e comportamentos recorrentes. Os resultados foram debatidos em grupo, como forma de autoavaliação e reflexão crítica sobre o processo.

Aspectos éticos

Por se tratar de atividade de ensino vinculada a uma disciplina regular e a um programa de extensão, não houve necessidade de submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa. Entretanto, foram observados os princípios de voluntariedade, respeito e anonimato no uso de imagens e falas. Todas as instituições escolares participantes receberam informações sobre os objetivos do projeto e autorizaram formalmente sua execução.



RESULTADOS E IMPACTOS DO PROJETO

Durante a realização do Projeto ReciclAtiva, observou-se um impacto significativo no aprendizado e no engajamento de 25 alunos do curso de Engenharia Elétrica. A construção de brinquedos a partir de resíduos eletrônicos promoveu a aplicação prática dos conceitos estudados em sala de aula, favorecendo a compreensão de circuitos elétricos, soldagem, reaproveitamento de componentes e princípios básicos de sustentabilidade. Além disso, os estudantes demonstraram maior interesse em discutir o impacto ambiental do lixo eletrônico, reconhecendo a importância da engenharia no desenvolvimento de soluções sustentáveis para esse problema crescente (Kajikawa, 2012; Nagel, Pappas e Pierrakos, 2011).

Durante as atividades, observou-se elevado nível de engajamento dos alunos. A liberdade para idealizar e construir os protótipos favoreceu o protagonismo discente e a cooperação entre as equipes, aspectos centrais da aprendizagem baseada em projetos (ABP) (Bender, 2014; Costa, Martins e Lopes, 2023). Além disso, o caráter extensionista do projeto permitiu vivenciar, na prática, as competências previstas pelas Diretrizes Curriculares Nacionais (CNE/CES nº 2/2019) (Brasil, 2019), que enfatizam a atuação ética, sustentável e interdisciplinar do engenheiro.

O projeto ReciclAtiva gerou resultados expressivos em termos de aprendizado técnico, engajamento social e desenvolvimento de competências socioemocionais entre os alunos dos períodos iniciais do curso de Engenharia Elétrica. A execução do projeto permitiu a aplicação prática de conceitos teóricos, aproximando os estudantes de questões concretas relacionadas à sustentabilidade e à reciclagem de resíduos eletrônicos. Durante o processo de desmontagem e separação dos componentes, os alunos desenvolveram habilidades técnicas essenciais, como o uso correto de ferramentas, a identificação de materiais recicláveis e a experimentação com técnicas de reaproveitamento. Essas experiências contribuíram para a consolidação do conhecimento adquirido em sala de aula, promovendo a integração entre teoria e prática (Weiler, Costa e Santana, 2013; Farias, Oliveira e Souza, 2022; Costa, Martins e Lopes, 2023).

Os brinquedos criados, embora simples, foram resultado de um esforço criativo e colaborativo. O Barquinho Ecológico, por exemplo, utilizou motores de ventiladores obsoletos para criar um modelo funcional movido à energia elétrica. A Joaninha Maluka foi projetada com circuitos básicos para simular o movimento de um inseto, enquanto o Bolha-Frog combinou materiais reciclados com motores

para criar um brinquedo de bolhas que encantou o público durante as exposições. Esses protótipos não apenas demonstraram a criatividade dos alunos, mas também reforçaram a importância de pensar em soluções inovadoras com recursos limitados, despertando o interesse por práticas de economia circular e pela reutilização de componentes eletrônicos (Almeida, Santana e Morais, 2009; Bender, 2014; Barreto e Freitas, 2019).

A interação com a comunidade desempenhou papel crucial no projeto, destacando o papel social da universidade. As campanhas de coleta de eletrônicos mobilizaram não apenas a comunidade acadêmica, mas também estudantes de escolas locais, criando senso de pertencimento e responsabilidade ambiental entre os participantes. A apresentação dos resultados em eventos da instituição – como o CENAR, o Observatório e o Prêmio Unipam de Empreendedorismo –, assim como em escolas e empresas da região, permitiu que os alunos compartilhassem seus aprendizados e incentivassem a conscientização sobre a importância da reciclagem. Além disso, a página do Instagram criada para o projeto se tornou uma plataforma de divulgação e engajamento, promovendo a interação entre universidade e sociedade (Fernandes e Reis, 2020; Gomes, Lima e Ribeiro, 2023).

Figura 2 – Logotipo do projeto ReciclAtiva e página do Instagram utilizada para divulgação e engajamento da comunidade



Fonte: arquivo pessoal da autora.

O impacto pedagógico do ReciclAtiva foi reforçado pela abordagem interdisciplinar e prática adotada ao longo do projeto. Os alunos não apenas desenvolveram habilidades técnicas, mas também adquiriram competências como trabalho em equipe, liderança e comunicação, ao se envolverem

ativamente em todas as etapas. A presença de líderes por equipe e a estruturação de funções específicas – como o gerenciamento das redes sociais – promoveram autonomia e senso de responsabilidade, fortalecendo sua formação integral (Mendonça, Lima e Barbosa, 2024).

A análise dos resultados também evidencia a relevância do projeto como ferramenta de conscientização ambiental e social. A reutilização de componentes eletrônicos para a construção de brinquedos funcionais contribuiu para a redução do impacto ambiental e estimulou uma reflexão crítica sobre os desafios do consumo sustentável. O engajamento dos alunos e da comunidade em práticas sustentáveis demonstrou como projetos dessa natureza podem fomentar a educação para a sustentabilidade, em consonância com as demandas contemporâneas por ações que aliem inovação e responsabilidade social (Weiler, Costa e Santana, 2013; Farias, Oliveira e Souza, 2022; Costa, Martins e Lopes, 2023).

A produção de brinquedos eletrônicos a partir de resíduos reutilizáveis desafiou os alunos a explorar diferentes materiais e processos de montagem. Entre os protótipos criados, destacam-se a Joanelinha Maluca, o Trator, a Baratinha e as Aranhas de Resistor, cada um utilizando técnicas variadas de reaproveitamento e eletrônica básica.

Figura 3 – Materiais utilizados e protótipo inicial do Joanelinha Maluca, brinquedo sustentável desenvolvido a partir de componentes eletrônicos reciclados

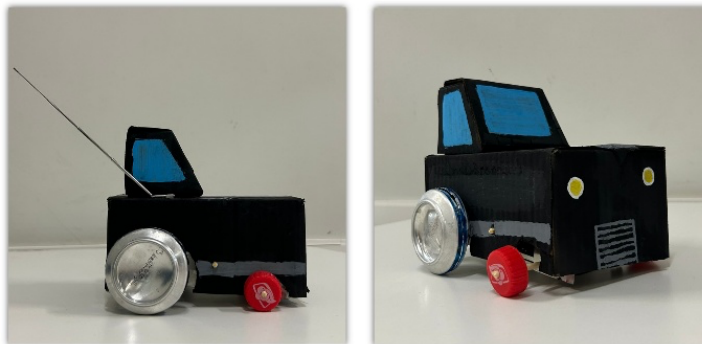


Fonte: arquivo pessoal da autora.

A Joanelinha Maluca foi construída a partir de placas de circuito impresso reaproveitadas e pequenos motores de vibração retirados de celulares descartados. Para sua montagem, os alunos utilizaram ferro de solda, estanho e conectores reaproveitados, garantindo um funcionamento autônomo baseado no deslocamento por vibração por meio de uma base de escova de dente. Além

disso, a estrutura externa foi adaptada com plásticos recicláveis, conferindo um *design* lúdico ao brinquedo.

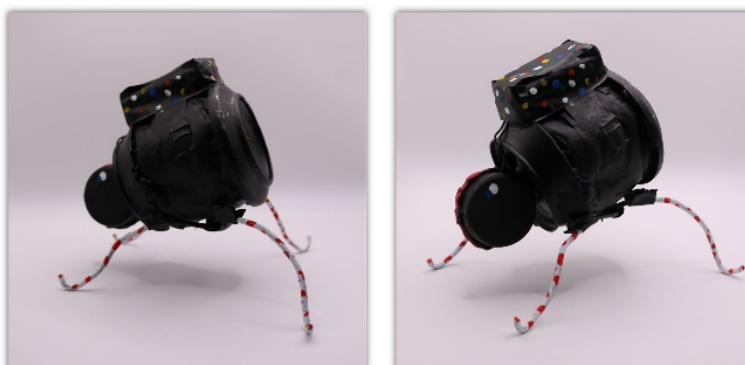
Figura 4 – Protótipo do Trator construído com componentes eletrônicos reciclados, demonstrando a aplicação prática de conceitos de engenharia e sustentabilidade



Fonte: arquivo pessoal da autora.

O Trator Reciclativo foi desenvolvido a partir da carcaça de brinquedos quebrados, papelão, latas e tampas de refrigerantes, além de motores retirados de impressoras antigas. A estrutura mecânica foi ajustada para permitir tração e movimento direcional, enquanto uma bateria de lítio reciclada foi integrada ao circuito para garantir autonomia de funcionamento. O uso de ferramentas como multímetro, alicates e ferro de solda possibilitou a avaliação do estado dos componentes, assegurando que apenas materiais funcionais fossem utilizados (Weiler, Costa e Santana, 2013).

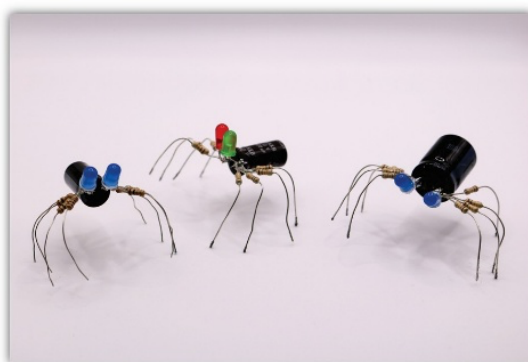
Figura 5 – Modelo da Baratinha, brinquedo sustentável elaborado a partir de materiais reutilizados, destacando a criatividade e inovação dos alunos



Fonte: arquivo pessoal da autora.

A Baratinha utilizou componentes semelhantes aos utilizados nos demais protótipos, mas teve como diferencial o uso de um mecanismo de vibração reaproveitado de um celular antigo, responsável por gerar o movimento do brinquedo. Esse sistema simples, conhecido como *vibracall*, permitiu deslocamento autônomo sem necessidade de controle programável, explorando princípios básicos de equilíbrio, torque e atrito.

Figura 6 – Aranhas de Resistor, brinquedos confeccionados com resistores eletrônicos descartados, exemplificando a reutilização criativa de pequenos componentes eletrônicos



Fonte: arquivo pessoal da autora.

As Aranhas de Resistor representaram uma experiência voltada para o *design* criativo a partir de componentes eletrônicos descartados. Utilizando resistores como pernas e capacitores como corpo, os alunos criaram estruturas esteticamente diferenciadas, demonstrando a versatilidade dos materiais eletrônicos mesmo fora de seu contexto original.

Ao final do projeto, os brinquedos foram apresentados em exposições acadêmicas e eventos de conscientização ambiental, permitindo que os estudantes explicassem seus processos de criação a diferentes públicos. O impacto positivo foi perceptível tanto no desenvolvimento técnico dos participantes quanto na sensibilização da comunidade sobre o problema do lixo eletrônico. Os brinquedos produzidos, incluindo os apresentados e outros desenvolvidos ao longo do projeto, foram doados para escolas públicas, proporcionando momentos de diversão e estímulo ao interesse por tecnologia e ciência. Essa ação solidária reforçou o compromisso do projeto com a extensão universitária e demonstrou que a educação aliada à sustentabilidade é capaz de gerar transformações reais (Weiler, Costa e Santana, 2013; Almeida, Santana e Morais., 2009; Fernandes e Reis, 2020; Gomes, Lima e Ribeiro, 2023).



CONCLUSÃO

O projeto ReciclAtiva demonstrou seu valor como uma abordagem pedagógica inovadora, capaz de unir teoria e prática no ensino de Engenharia Elétrica. Ao longo das atividades, os alunos foram incentivados a aplicar conceitos técnicos de forma criativa, desenvolvendo habilidades essenciais para sua formação acadêmica e profissional. A experimentação com circuitos, desmontagem de componentes e construção de novos dispositivos a partir de materiais reciclados fortaleceu a compreensão dos princípios de eletrônica e sustentabilidade, tornando o aprendizado mais dinâmico e significativo. Esse processo não apenas consolidou o conhecimento adquirido em sala de aula, mas também despertou o interesse por soluções tecnológicas acessíveis e sustentáveis (Kajikawa, 2012; Weiler, Costa e Santana, 2013; Almeida, Santana e Morais, 2009).

Além do aprendizado técnico, o projeto proporcionou um desenvolvimento amplo das competências socioemocionais dos estudantes. O trabalho em equipe, a capacidade de liderança e a comunicação foram aprimorados à medida que os grupos enfrentavam desafios reais e buscavam soluções inovadoras para os brinquedos reciclados. A autonomia dos alunos foi estimulada pela divisão de responsabilidades e pela necessidade de planejamento estratégico – características essenciais à atuação profissional futura. A experiência de apresentar os resultados em eventos acadêmicos e interagir com diferentes públicos reforçou a importância da comunicação científica e do compartilhamento do conhecimento como parte fundamental do processo de aprendizagem (Mendonça, Lima e Barbosa, 2024; Costa, Martins e Lopes, 2023).

No aspecto da sustentabilidade, o ReciclAtiva ressaltou a urgência de práticas que minimizem o impacto ambiental dos resíduos eletrônicos. A reutilização de materiais, aliada à conscientização sobre o descarte correto de componentes, proporcionou uma experiência transformadora tanto para os alunos quanto para a comunidade envolvida. A construção de brinquedos funcionais a partir de resíduos eletrônicos reforçou a ideia de que a tecnologia pode ser aliada da sustentabilidade, incentivando a cultura da economia circular e o consumo responsável (Silva e Cunha, 2022; Oliveira, Soares e Lopes, 2023).

Além disso, os brinquedos produzidos ao longo do projeto foram doados a escolas públicas, levando conhecimento e entretenimento às crianças e fortalecendo a conexão entre universidade e sociedade. Essa ação solidária reforçou o compromisso com a extensão universitária, conforme orienta a Resolução CNE/CES nº 7/2018 (Brasil, 2018), e demonstrou o potencial da



engenharia como agente de transformação social (Fernandes e Reis, 2020; Gomes, Lima e Ribeiro, 2023).

A interação com escolas, empresas e moradores locais ampliou o alcance das ações, promovendo o diálogo sobre consumo consciente, inovação e sustentabilidade. A divulgação dos resultados em redes sociais e eventos acadêmicos fortaleceu a visibilidade do projeto e incentivou a participação ativa da comunidade. Dessa forma, o ReciclAtiva se consolidou como uma iniciativa que ultrapassa o ambiente acadêmico, preparando os alunos para os desafios futuros da profissão e contribuindo para um mundo mais sustentável e socialmente responsável.

Por fim, reconhece-se que a abordagem qualitativa adotada foi adequada ao caráter exploratório do projeto. Entretanto, futuras edições poderão incorporar instrumentos quantitativos de avaliação, como rubricas e questionários estruturados, a fim de mensurar com maior precisão o impacto pedagógico e socioambiental do ReciclAtiva. Essa perspectiva abre caminho para novas pesquisas e reforça o compromisso do grupo com a melhoria contínua e a inovação educacional.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. J. S.; SANTANA, R. A.; MORAIS, P. R. Reciclagem e inovação tecnológica: ensino sustentável no contexto da engenharia. **Revista Brasileira de Educação em Engenharia**, v. 9, n. 2, p. 45-58, 2009.
- BARRETO, A. P.; FREITAS, R. F. Aprendizagem baseada em projetos: integração entre teoria e prática na formação de engenheiros. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 39, n. 3, p. 101-114, 2019.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2011.
- BENDER, W. N. **Project-Based Learning: Differentiating Instruction for the 21st Century**. 2. ed. Thousand Oaks: Corwin Press, 2014.
- BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. Resolução CNE/CES nº 7, de 18 de dezembro de 2018. Estabelece as Diretrizes para a Extensão na Educação Superior Brasileira e regimenta o disposto na Meta 12.7 da Lei nº 13.005/2014, que aprova o Plano Nacional de Educação - PNE 2014-2024 e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19 dez. 2018.
- BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. Resolução CNE/CES nº 2, de 24 de abril de 2019. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, Seção 1, p. 43, 26 abr. 2019.
- COSTA, T. R.; MARTINS, L. P.; LOPES, F. A. Project-Based Learning in Engineering Education: Integrating Sustainability and Practice. **Journal of Engineering Education Research**, v. 32, n. 4, p. 215-228, 2023.



- CRESWELL, J. W. **Research Design**: Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approaches. 5. ed. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2021.
- FARIAS, R. G.; OLIVEIRA, E. L.; SOUZA, V. N. Aprendizagem ativa e formação de engenheiros: experiências em metodologias integradoras. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 41, n. 2, p. 45-58, 2022.
- FERNANDES, P. S.; REIS, C. M. Extensão universitária e sustentabilidade na formação em Engenharia. **Revista Brasileira de Educação em Engenharia**, v. 40, n. 3, p. 85-97, 2020.
- FERREIRA, J. C.; LIMA, E. M.; VIEIRA, A. C. Projeto integrador em Engenharia Elétrica: práticas sustentáveis e ensino aplicado. **Cadernos de Educação Tecnológica**, v. 14, n. 1, p. 75-88, 2020.
- GOMES, D. L.; LIMA, P. S.; RIBEIRO, M. C. Engenharia e compromisso social: práticas extensionistas e impacto comunitário. **Education for Sustainability Review**, v. 7, n. 1, p. 44-56, 2023.
- KAJIKAWA, Y. Research core and framework of sustainability science. *Sustainability Science*, v. 7, p. 1-6, 2012.
- MENDONÇA, R. T.; LIMA, A. C.; BARBOSA, D. H. Electrical Engineering Education and Environmental Awareness: a Project-Based Approach. **IEEE Transactions on Education**, v. 67, n. 2, p. 98-107, 2024.
- NAGEL, R.; PAPPAS, E.; PIERRAKOS, O. On a vision to educating students in sustainability and design: the James Madison University School of Engineering approach. **Sustainability**, v. 3, n. 1, p. 94-107, 2011.
- OLIVEIRA, J. S.; SOARES, A. M.; LOPES, C. N. Reutilização de REEE e economia circular: desafios para o ensino de Engenharia. **Revista de Sustentabilidade e Tecnologia**, v. 14, n. 1, p. 123-139, 2023.
- SANTOS, F. A.; PEREIRA, V. L. Aprendizagem por projetos aplicada à eletrônica básica. **Anais... COBENGE**, p. 132-140, 2021.
- SILVA, R.; CUNHA, M. E. Gestão de resíduos eletroeletrônicos no Brasil: avanços e desafios. **Sustainability in Practice Journal**, v. 12, n. 3, p. 55-70, 2022.
- UNITAR. **Global E-Waste Monitor 2024**. Geneva: United Nations Institute for Training and Research, 2024.
- WEILER, R. A.; COSTA, D. P.; SANTANA, C. F. Educação ambiental e engenharia: práticas sustentáveis no ensino de eletrônica. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 31, n. 1, p. 22-35, 2013.