

CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE EXTRATOR DE ÓLEO ESSENCIAL COMO ESTRATÉGIA PARA DESPERTAR NOVOS ESTUDANTES DE ENGENHARIA

Efraim Menezes de Lima Costa⁽¹⁾ (efraim.costa@ifam.edu.br), Elias Carneiro Pinheiro⁽¹⁾ (eliaspinheiro698@gmail.com), Adriana Costa Gil de Souza⁽¹⁾ (adriana.costa@ifam.edu.br), Ana Graziela Gomes Travassos⁽²⁾ (agraziela616@gmail.com), Juliana Mesquita Vidal Martínez de Lucena⁽²⁾ (juliana.lucena@ifam.edu.br)

⁽¹⁾ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM); Campus Presidente Figueiredo

⁽²⁾ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM); Campus Manaus Centro

RESUMO: *O ensino de engenharia enfrenta muitos desafios, especialmente no início do curso, devido ao baixo interesse dos alunos do ensino médio nas áreas de exatas e baixo desempenho em Ciências e Matemática. Para minimizar esse problema, duas estratégias são sugeridas neste trabalho: a abordagem STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática), e a ABP (Aprendizagem Baseada em Projetos) sob a ótica da sustentabilidade. O objetivo deste trabalho é apresentar uma aplicação da ABP com a proposta de construção de um protótipo de extrator de óleo essencial, que integre conhecimentos de química e engenharia mecânica, voltado a alunos do ensino médio integrado ao técnico em eletromecânica. Para o protótipo foram utilizados materiais acessíveis e de baixo custo e/ou reaproveitados, e os alunos foram estimulados a estudar temas relacionados à engenharia, com o objetivo de incentivá-los a seguir nesta carreira. As etapas da ABP foram mediadas pelo professor, conforme recomendações da literatura. Os resultados demonstraram que a prática é aplicável, que o projeto desenvolvido incentiva a participação dos alunos em carreiras de engenharia e tecnologia.*

PALAVRAS-CHAVE: APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS, PROTÓTIPO DE EXTRATOR DE ÓLEOS, FUTUROS ESTUDANTES DE ENGENHARIA

BUILDING A PROTOTYPE ESSENTIAL OIL EXTRACTOR AS A STRATEGY TO AWAKEN NEW ENGINEERING STUDENTS

ABSTRACT: *Engineering education faces many challenges, especially at the beginning of the course, due to high school students' low interest in the exact areas and poor performance in Science and Mathematics. To minimize this problem, two strategies are suggested in this paper: the STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics) approach, and PBL (Project-Based Learning) from the perspective of sustainability. The aim of this work is to present an application of PBL with the proposal to build a prototype essential oil extractor that integrates knowledge of chemistry and mechanical engineering, aimed at high school students integrated into the electromechanics technician. Accessible, low-cost and/or reused materials were used for the prototype, and the students were encouraged to study topics related to engineering, with the aim of encouraging them to pursue this career. The stages of PBL were mediated by the teacher, according to recommendations in the literature. The results showed that the practice is applicable and that the project encourages students to take part in engineering and technology careers.*

KEYWORDS: PROJECT-BASED LEARNING, PROTOTYPE OIL EXTRACTOR, FUTURE ENGINEERING STUDENTS

1. INTRODUÇÃO

O ensino de engenharia apresenta muitos desafios que direcionam professores e gestores das universidades a discutir e desenvolver estratégias para superá-los. Um dos maiores obstáculos para os docentes, ocorre já no início do curso pela dificuldade de formar turmas ou pela entrada de alunos com baixo interesse ou aptidão para as engenharias. Em parte, isso guarda estreita relação com a falta de motivação dos estudantes do ensino médio pelas disciplinas da área de exatas. Villas-Boas e Martins (2012) destacam os baixos índices de desempenho dos alunos nas áreas de Ciências e Matemática no *Program for International Student Assessment* (PISA). Em uma avaliação dos resultados da última edição do programa, 73% dos estudantes brasileiros tiveram baixo desempenho em matemática e 55% em ciências (INEP, 2023).

Corroborando com essa perspectiva, Padilha et al., (2017) constataram que é possível estabelecer uma relação entre a formação escolar e o desempenho acadêmico de estudantes de engenharia. Essas constatações indicam que as estratégias de motivação para a engenharia devem acontecer numa fase mais precoce, durante a educação básica, além do próprio decorrer do curso de bacharelado, com o objetivo de cativar e fidelizar potenciais vocacionados para a engenharia, minimizando as tensões que podem surgir ao se depararem com os conhecimentos e desafios da engenharia. Neste trabalho, duas estratégias são apresentadas como possíveis formas de captar esses alunos.

A primeira estratégia que vem sendo utilizada como um conceito de inovação na educação com o uso de metodologias ativas é a abordagem STEAM (AZAMBUJA, 2022). A sigla, do inglês “*Science, Techonology, Engineeering, Arts and Mathematics*” significa Ciência, Engenharia, Artes e Matemática que, em termos gerais, centra as atividades de ensino em questões significativas do contexto real com o objetivo de qualificar estudantes para um ambiente social e produtivo em transformação (Bacich e Holanda, 2020). Ela integra conhecimentos de engenharia com outras áreas da educação básica para desenvolver competências e se aproximar de uma aprendizagem holística. A concretização dessa metodologia em sala de aula pode se dar de formas variadas, integrando todas as áreas do conhecimento do STEAM, ou algumas delas, dependendo da intencionalidade do professor e dos objetos do conhecimento do componente curricular ministrado, por exemplo, Geometria e Arquitetura (Matemática + Engenharia). A partir disto, entende-se a metodologia de Aprendizagem Baseada em Projetos como a mais adequada para se desenvolver a abordagem STEAM (Bacich e Holanda, 2020).

A abordagem STEAM deste trabalho está apoiada realização de projetos para responder questões do mundo real, do contexto de vida dos estudantes, como preconiza a metodologia da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) (Bacich e Holanda, 2020).

A ABP, do inglês *Project Based Learning (PBL)*, pode ser considerada uma estratégia de ensino e aprendizagem que fornece aos alunos a oportunidade de aprender a trabalhar em grupo, realizar tarefas comuns, de planejar seu tempo e desempenho e, principalmente, de confrontarem problemas do mundo real. Partindo dessa premissa, eles são quase automotivados para descobrir, desenvolver hipóteses, estratégias e trabalhar para a sua comprovação ou refutação, a partir de pesquisas e atividades práticas (Buck Institute for Education, 2008). Bender (2014) afirma que a utilização de projetos autênticos e realistas, baseados em uma questão, tarefa ou problema altamente motivador para ensinar conteúdos acadêmicos aos alunos gera um poder real de decisão dos estudantes no decorrer do projeto.

Desta forma, a utilização da abordagem STEAM em conjunto com a metodologia de ensino ABP pode oportunizar a execução de projetos no contexto de sala de aula para cobrir conteúdos de áreas específicas de ciências, artes e matemática, por exemplo. Porém, além de trabalhar o conteúdo do currículo formal, pode ser usada com uma intencionalidade de despertar outras habilidades e interesses, como nas engenharias. Certamente, essas abordagens, se utilizadas de maneira adequada às realidades de cada escola, podem contribuir com a redução das dificuldades dos alunos ingressantes de engenharia e ainda, fomentar a disseminação das possibilidades de cursar engenharia para alunos do ensino médio.

1.1 Objetivos

O presente artigo tem como objetivo apresentar uma proposta de aplicação da metodologia de ensino pela Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) com um projeto real de um protótipo de extrator de óleo essencial, que integre conhecimentos de química e engenharia mecânica, voltado a alunos do ensino médio integrado ao técnico em eletromecânica. A intencionalidade da proposta pretende superar a simples execução de tarefas de forma mecânica e descontextualizada e se apresenta com a perspectiva de explorar a investigação de objetos de conhecimento da engenharia e, por conseguinte, atrair possíveis candidatos aos cursos superiores de engenharia.

1.2 Justificativa

A presente proposta se justifica pela necessidade de buscar soluções e estratégias educacionais que contribuam para superar as dificuldades percebidas no ensino das ciências e matemática na educação básica que impactam negativamente o ensino da engenharia. Considerado um contexto mais amplo, a proposta abrange conteúdos interdisciplinares que podem potencializar futuros estudantes de engenharia.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa adota uma abordagem quase-experimental conforme descrita por Selltiz, Wrightsman e Cook (2007). Este tipo de pesquisa é utilizado quando não é viável selecionar aleatoriamente subgrupos de uma população grande para aplicar tratamentos experimentais. Em vez disso, escolhe-se um grupo menor e específico, permitindo um maior controle sobre o público estudado. Assim, busca-se a informação diretamente com a parte do público-alvo definida, e o cenário ou lócus de investigação é determinado. Essa definição tem relação com o contexto da pesquisa e o método de ensino aplicado do ponto de vista do professor e de seus instrumentos de observação e constatação.

2.1 O contexto da pesquisa

A pesquisa foi aplicada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFAM), Campus Presidente Figueiredo (CPRF), que é uma instituição fruto do processo de expansão e interiorização da Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica (RFEPT) a partir da criação dos Institutos Federais (IFs) no Brasil em 2009, e pelo processo de ressignificação da concepção pedagógica da Educação Profissional e Tecnológica (EPT) a partir da criação dos IFs (Brasil, 2007).

O curso escolhido para a pesquisa foi o curso Técnico de Nível Médio Integrado em Eletromecânica que, a partir da concepção pedagógica da EPT preconiza em seu Projeto Pedagógico de Curso (PPC) a formação integral dos indivíduos, promovendo ações integrem educação, ciência, tecnologia e cultura, sendo estas as bases para o desenvolvimento curricular (IFAM, 2020). O PPC divide a estrutura curricular em: I – Núcleo Básico, que contém os conhecimentos, disciplinas e habilidades nas áreas de formação geral da educação básica; II – Núcleo Tecnológico, que é o espaço destinado aos componentes curriculares inerentes à formação técnica e; III – Núcleo Politécnico, que contém as principais formas de integração do currículo como elo comum entre os Núcleos Tecnológico e Básico, conforme base pedagógica proposta pela EPT. No núcleo politécnico está a componente curricular que tem ementa de conteúdo aberto e objetivo de elaborar de projetos que promovam a integração das disciplinas do Núcleo Básico com as disciplinas técnicas.

Assim, considerando este contexto foi escolhida uma turma do segundo ano de eletromecânica matriculada na disciplina Projeto Integrador, sob responsabilidade de professor bacharel em Engenharia Mecânica, aplicando método de ensino compatível com a proposta pedagógica e com a intencionalidade de contribuir para a disseminação dos cursos de engenharia para possíveis futuros alunos durante um ano letivo.

2.2 O método de ensino

Considerando o contexto da pesquisa e a possibilidade de conceber projetos STEAM em uma turma do ensino médio, optou-se por seguir a metodologia de ensino de Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) que integrasse conhecimentos da ciência, tecnologia, matemática e engenharia.

Bender (2014) define os projetos da ABP como autênticos e repletos de envolvimento e autonomia dos estudantes. Para garantir rigor e aproximar o ensino do professor à proposta do autor (*ibid.*) alguns delineamentos são necessários, e estão sintetizados no quadro 1.

QUADRO 1. Delineamentos da Aprendizagem Baseada em Projetos

Termos da ABP	Descrição
Âncora	Fundamento do mundo real que serve como ponto de partida para o projeto. Podem ser notícias, vídeos, apresentações, frases, etc. É apresentada no início do projeto.
Questão motriz	Questão, tarefa geral ou meta declarada para o projeto da ABP. Deve ser clara de forma que os alunos se motivem. Pode ser elaborada junto com os alunos a partir da âncora ou definida pelo professor.
Artefatos	Criações reais ao longo do projeto que representem soluções parciais ou totais para responder à questão motriz. Podem ser relatos escritos, apresentações, vídeos, artigos, protótipos, desenhos, dentre outros, preferencialmente, escolhidos pelos alunos.
Desempenho autêntico	Ênfase na aprendizagem resultante da execução do projeto, considerando habilidades que se esperam para a questão/situação apresentada. Para isto, devem ser aplicadas as ferramentas de avaliação adequadas.
Fases do projeto	O processo de desenvolvimento do projeto tem 6 fases bem definidas, que são: I - Introdução e planejamento em equipe do projeto; II – Fase de pesquisa inicial e coleta de informações; III – Desenvolvimento e avaliação inicial dos primeiros artefatos; IV – Segunda fase da pesquisa; V – Desenvolvimento da apresentação final e; VI – Publicação do produto ou dos artefatos.
Apresentação pública dos resultados projetos	Tem o objetivo de fazer com que os alunos valorizem o projeto ao perceber a importância da resolução para uma situação do mundo real, quando um público interno ou externo tem interesse nos resultados apresentados.

Fonte: Adaptado de Bender (2014).

Cada um dos termos representa uma sintetização da proposta de Bender (2014) e para cada projeto tem seus ajustes e esboços próprios, a depender da aplicação. Porém, destacam-se alguns pontos fundamentais: I) a importância de uma boa âncora alinhada às questões motrizes que devem

ser pertinentes para cativar os alunos no início do projeto; II) Artefatos compatíveis com as habilidades que se esperam dos estudantes e que representem soluções para a questão apresentada e; III) Apresentação pública em feiras científicas, mostras, etc. para que os alunos tenham maior interesse em desenvolver bons projetos.

Desta forma, a implementação da metodologia de ABP no curso escolhido, tem o objetivo de ser uma estratégia eficaz para integrar os conhecimentos científicos e tecnológicos, conforme preconizado pela concepção pedagógica da EPT. É portanto, o método de ensino utilizado nesta pesquisa e que, junto à pesquisa de campo (Piana, 2009), determinará o percurso metodológico.

2.3 Coleta e análise de dados

Os dados utilizados neste trabalho foram gerados a partir dos instrumentos de avaliação realizados pelo professor durante a aplicação do projeto em ABP. Considerando que as atividades em ABP visam práticas autênticas, em cooperação, comunicação, resolução de problemas e trabalho em equipe, as avaliações devem ser mais diversificadas que as avaliações tradicionais, são dinâmicas, experienciais que possam capturar o processo de aprendizagem, bem como o resultado final (BIE, 2008). O Buck Institute for Education (BIE) sugere que a avaliação esteja alinhada com os artefatos produzidos, avalie cada etapa do processo e ainda a possibilite a autoavaliação dos estudantes.

No processo de avaliação utilizado em cada uma das seis fases da ABP foram utilizados diversos artefatos que demonstraram o processo de aprendizagem sendo construído ao longo do projeto, foram os seguintes:

- a. Formulário de definição das questões motrizes;
- b. Ficha de planejamento da equipe;
- c. Resenhas dos artigos científicos lidos;
- d. Roteiro de aprendizagem em visita técnica;
- e. Relatório de visitas técnicas;
- f. Diário de bordo do processo de construção do protótipo;
- g. Apresentação em sala de aula do processo de construção;
- h. Lista definitiva de materiais escolhidos para o protótipo;
- i. Desenho do protótipo;
- j. Avaliação de professores da apresentação final;
- k. Autoavaliação de aprendizagem.

Os dados gerados, por uma considerável quantidade de instrumentos avaliativos, foram utilizados parcialmente neste artigo, atentando-se aos objetivos do trabalho. Em linhas gerais, para

os dados qualitativos, optou-se por seguir a avaliação por rubrica (Mendonça e Coelho, 2018), para acompanhar o processo de aprendizagem dos alunos, já para os dados quantitativos, utilizou-se a pesquisa de levantamento por propiciar uma descrição quantitativa ou numérica de tendências de uma população, estudando uma amostra dessa população” (BABBIE, 1990).

3. RESULTADOS

Os resultados do trabalho, pela intrínseca relação com e para a metodologia de ABP, podem ser representados a partir das seis fases de execução definidas por Bender (2014). Deste modo, os resultados da aplicação quase-experimental proposta neste artigo, estão contidos nos seis subitens a seguir.

3.1 Introdução e planejamento em equipe

Na primeira fase, foi determinada pelo professor, a âncora do projeto que foi o tema da Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT) 2023, que é o maior evento nacional de divulgação científica, em que instituições de todo o país promovem exposições, mostras e feiras. Na instituição lócus da pesquisa, anualmente acontecem exposições de trabalhos desenvolvidos pelos alunos. O tema da edição 2023 foi “Ciências básicas para o desenvolvimento sustentável”.

FIGURA 1. Tema da 20ª SNCT



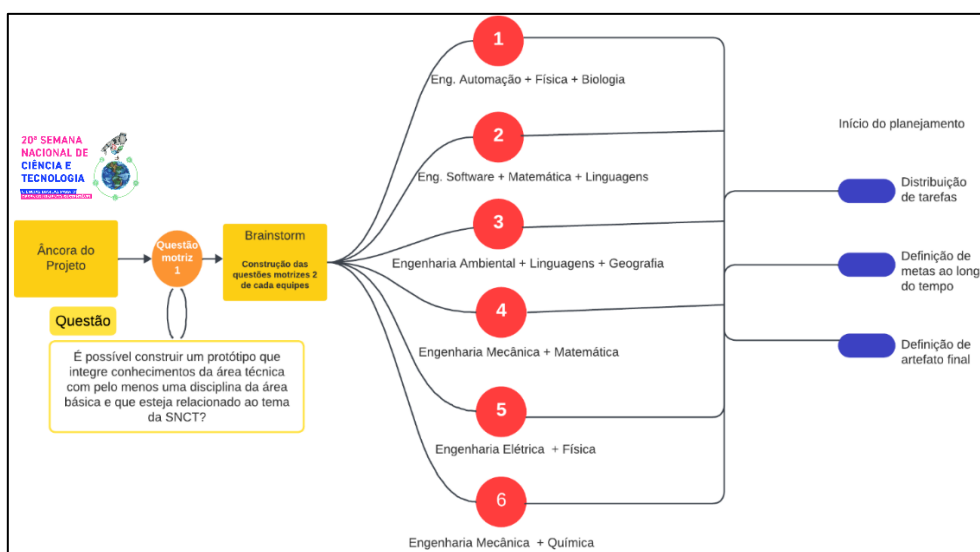
Fonte: MCTI (2023).

A escolha da temática da SNCT como âncora se deu pela própria característica da ABP de valorizar projetos em que os alunos, ao apresentarem seus resultados em apresentações públicas como a SNCT, tendem a desenvolver melhores projetos. Com a definição da âncora, o professor passou a estabelecer a dinâmica das questões motrizes.

Segundo Bender (2014), as questões motrizes podem ser totalmente definidas pelo professor a partir da âncora, ou ainda definida de acordo com a voz e escolha dos estudantes, podendo ainda

ser diferente para cada grupo de estudantes. Nesta pesquisa, considerando a diretriz de integração de conhecimentos da área técnica com a área básica, o professor elaborou uma questão motriz geral e a partir do *brainstorm* foram definidas as outras questões motrizes de cada projeto. A síntese do processo de construção das questões motrizes e início do processo de planejamento está representado no esquema da figura 2.

FIGURA 2. Processo de construção das questões motrizes e início do planejamento



Fonte: Autores (2024).

A questão “É possível construir um protótipo que integre conhecimentos da área técnica de sua formação com pelo menos uma disciplina da área básica e que esteja relacionado ao tema da SNCT?”, apresentada aos alunos, fomentou, junto com a âncora, o *brainstorming* com a turma, com o objetivo de estimular a produção de uma segunda questão motriz, diferente por equipe. Cada equipe escolheu também a área da eletromecânica e da área básica que gostaria de trabalhar no projeto. Ao todo, formaram-se seis equipes que pensaram temas diferentes e chegaram à distribuição de tarefas, metas durante o ano de execução e os artefatos que seriam elaborados. Importante ressaltar que, pelos múltiplos projetos propostos, foram convidados professores coorientadores para cada uma das equipes, com formação mais próxima às propostas, especialmente, professores de química, física e engenharia de software.

Este artigo concentra-se no trabalho da equipe 6, que escolheu conceber um projeto que integrasse Engenharia Mecânica e Química. Essa delimitação é importante para aprofundar-se em um exemplo de aplicação da metodologia, compreendendo-se cada uma das fases com maior nível de apropriação possível. A equipe produziu, de forma mediada pelo professor as seguintes questões motrizes: “É possível construir um protótipo mecânico que utilize conceitos da química e que esteja

relacionado ao tema da SNCT?” e “A extração de óleos essenciais pode ser concebida a partir de um protótipo de baixo custo?”.

As duas questões motrizes contribuíram para situar os conhecimentos mecânicos e químicos necessários, que foram pontuados pelo professor em diálogo com a equipe e com o professor coorientador, da área de química:

QUADRO 2. Tópicos de conteúdos abordados pelo projeto da equipe

Tópicos de conteúdo	Área do conhecimento subárea	Descrição
Seleção de materiais para projetos mecânicos	Engenharia e Tecnologia / Mecânica	Os materiais de construção mecânica estão ligados à possibilidade de produzir e manipular materiais para uma necessidade (Callister, 2014). É um tópico importante para qualquer processo produtivo de produtos mecânicos, cerâmicos e poliméricos.
Elementos orgânicos de máquinas		Parte fundamental dos projetos mecânicos, sendo dimensionados e escolhidos conforme aplicação (Melconian, 2019).
Hidrodestilação	Ciências Exatas e da Terra/Química	Processo em que a água é utilizada como solvente para extração de óleos essenciais. De maneira geral, a mistura do material vegetal com a água, quando aquecida em sistema fechado, gera um vapor d’água que arrasta os óleos voláteis da planta. O vapor é condensado, resultando em água e óleo que se separam por diferença de densidades. O óleo possui alta concentração de compostos aromáticos (Gomes, Silva e Pinheiro, 2022).

Fonte: Autores (2024).

A partir da definição das questões motrizes, destaque dos tópicos de conteúdo relacionados, foi definido o artefato final, qual seja, um extrator de óleo essencial por hidrodestilação de baixo custo. Com isso, a equipe passou ao planejamento das próximas fases e tarefas do projeto.

3.2 Pesquisa inicial: coleta de informações

A segunda fase do projeto, por definição de Bender (2014), tem o objetivo de fazer com que os alunos pesquisem, realizem visitas e leiam mini lições associadas aos tópicos de conteúdo, destacados pelo professor.

3.2.1 Leituras e pesquisas iniciais

Com os tópicos delimitados, os alunos realizaram levantamento de literatura disponível nas plataformas Portal Periódicos Capes e Scielo, para melhor conhecimento principalmente do tema hidrodestilação. Ao todo, foram destacados 8 artigos que apresentavam o processo e outras experiências de construções de protótipos de extratores de óleo essencial.

Em relação aos tópicos relacionados à mecânica, elementos de máquina e seleção de materiais, com os conhecimentos apreendidos na leitura dos textos e construção de outros protótipos, foram indicados aos estudantes capítulos específicos dos livros descritos no quadro 2.

3.2.2 Visitas técnicas

Outra ação importante da fase de pesquisa inicial foi o procedimento de visitas realizadas pelos alunos. Foram escolhidos dois locais, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Amazônia Ocidental e a Feira de Tecnologia e Inovação da Fundação Mathias Machiline.

FIGURA 3. Visita técnica à EMBRAPA



Fonte: Autores (2024).

Na visita à EMBRAPA Amazônia Ocidental, os alunos conheceram o método tradicional (laboratorial) de extração de óleos essenciais, desde o cultivo e coleta das plantas até o armazenamento dos óleos essenciais obtidos. Como artefato desta atividade, foi elaborado um relatório de visita técnica. Para análise dos dados, com utilização de rubrica específica, foi constatado o seguinte:

- a. Os estudantes demonstram conhecimento de quase todo o processo de extração;
- b. Os alunos conseguem descrever superficialmente as técnicas de secagem, seleção, trituração, hidrodestilação e separação dos compostos voláteis e;

- c. Identificam todos os equipamentos mecânicos, elétricos e vidrarias do processo;

FIGURA 4. Visita técnica à Fundação Mathias Machiline



Fonte: Autores (2024).

A visita à Feira de Tecnologia e Inovação da Fundação Mathias Machiline (FMM) teve o objetivo de conhecer projetos da maior feira científica de uma escola do ensino médio-técnico do Amazonas e que utiliza, há décadas, a metodologia de ABP com seus alunos para desenvolver soluções de problemas reais. Para guiar os estudantes visitantes, foi elaborado um Roteiro de Aprendizagem segundo Farias e Mendonça (2019), que definem o instrumento como “forma intencional e planejada pelo professor a fim de orientar o estudo dos alunos”. Durante o evento, os discentes conheceram os projetos desenvolvidos, priorizando aqueles que poderiam ter alguma relação com o projeto que pretendiam conceber. Ao final da atividade, os alunos preencheram uma ficha identificando os passos de execução e tecnologias utilizadas pelo projeto escolhido. Através deste artefato os alunos cumpriram o objetivo de aprendizagem de conhecer os passos essenciais para a construção de um projeto.

3.3 Criação, desenvolvimento e avaliação inicial

A fase 3 de execução é a maior fase do ponto de vista temporal nos projetos ABP. A fase de criação e desenvolvimento deste projeto durou cerca de 4 meses, contabilizados entre o final das atividades de pesquisas iniciais até a elaboração de uma primeira versão do protótipo.

O acompanhamento semanal proposto pelo professor seguiu a descrição de etapas marcadas por datas e ainda diário de bordo descritivo das atividades, conforme Bacichi e Holanda (2014). Estes dois documentos serviram ao processo de avaliação de aprendizagem formativa junto com o artefato na sua versão prototípica, para a avaliação inicial. A análise destes dois instrumentos utilizou-se de

avaliação por rubrica, a medida que o objetivo de aprendizagem construir um protótipo que integre eletromecânica e química fosse atingido.

O processo de criação, após pesquisas, iniciou em sala de aula, em que os alunos apresentaram ao professor e ao restante da turma, as ideias de criação, materiais a serem utilizados, bem como os conceitos teóricos envolvidos, conforme a figura 5.

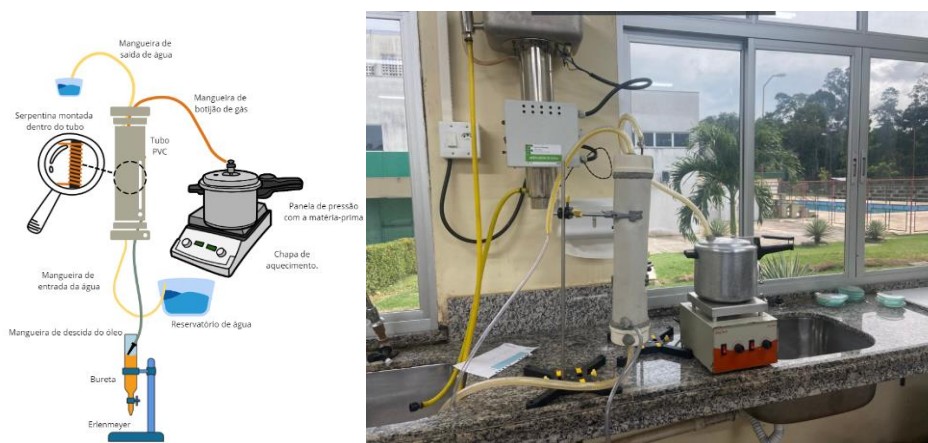
FIGURA 5. Apresentação do processo de criação em sala de aula



Fonte: Autores (2024).

Com as ponderações feitas pelo professor, os alunos colocaram em prática os conhecimentos adquiridos nas fases anteriores, engajando-se em adquirir os materiais necessários, elaborando um esquema inicial e, em seguida, investindo na criação e desenvolvimento do protótipo. Em relação aos materiais, foram priorizados aqueles que poderiam ser reaproveitados, como painéis e tubos policloreto de vinila (PVC) e de cobre descartados nos depósitos da própria escola. Para desenvolvimento, utilizaram os laboratórios de *maker*, mecânica e de ciências. A utilização desses laboratórios aprofunda a integração da abordagem com uma característica STEAM da proposta.

FIGURA 6. Desenho esquemático e primeiro protótipo construído.



Fonte: Autores (2024).

A figura 6 apresenta a versão inicial do protótipo, que utilizou como elementos principais de hidrodestilação o tubo de cobre dentro do cano PVC, que recebia o vapor de uma panela de pressão aquecida, conduzidos a partir de mangueiras de alta pressão. O óleo obtido era coletado em um conjunto bureta-erlenmeyer. No processo em versão inicial, foi utilizada água corrente para o resfriamento do sistema, com descarte da água aquecida. Para as conexões, foram utilizadas massa de epóxi e cola de tubos para vedação.

A primeira extração de óleo essencial foi realizada com o capim-limão (*Cymbopogon citratus*) e o resultado apresentado foi promissor, pois foram obtidos 0,164g de óleo essencial, apresentando 0,16% de rendimento, frente ao rendimento de aproximadamente 1% descrito na literatura (Dutra et al., 2018).

A avaliação do trabalho até esta fase pontuou os seguintes aspectos como melhoria:

- Aprofundamento sobre o tópico “seleção de materiais para projetos mecânicos”: Este aprofundamento é necessário para selecionar materiais adequados para a aplicação, evitando conexões expostas, vazamentos e aquecimento excessivo;
- Aprofundamento sobre o tópico “elementos orgânicos de máquinas”: Aliado com o tópico anterior, foi necessário para inserir conexões nas mangueiras de condução de água, vapor e óleo;
- Ajuste na proposta para evitar o descarte contínuo de água: Necessário para fins de sustentabilidade ambiental e uso racional da água;
- Colocação de todas as partes do protótipo sobre a bancada: Para evitar contaminações e acidentes. A primeira versão do protótipo colocava a coleta do produto formado por condensação no piso do laboratório.

3.4 Segunda fase da pesquisa

A quarta etapa do projeto, que Bender (2014) chama de “Segunda fase da pesquisa” tem a perspectiva de que os alunos aprofundem suas investigações e análises, revisando o trabalho feito na fase anterior com o objetivo de desenvolver o protótipo de forma mais completa a partir de novas pesquisas e testes. Com base nos pontos levantados pelo professor na etapa três, os alunos desenvolveram estudos e propostas de melhoria.

A primeira melhoria surgiu a partir dos estudos de elementos de máquinas, compreendendo os melhores elementos de fixação e conexão, e materiais dos projetos mecânicos, a partir dos grupos de materiais mais utilizados na mecânica. Para as conexões, foram escolhidos conectores giratórios metálicos, espigões para engate das mangueiras e arruelas metálicas e de borracha. A segunda

melhoria propôs a reutilização de água gelada, com uso de bomba d’água e bolsas de gelo dentro de uma caixa de isopor. A lista de materiais de forma definitiva, está no quadro 3.

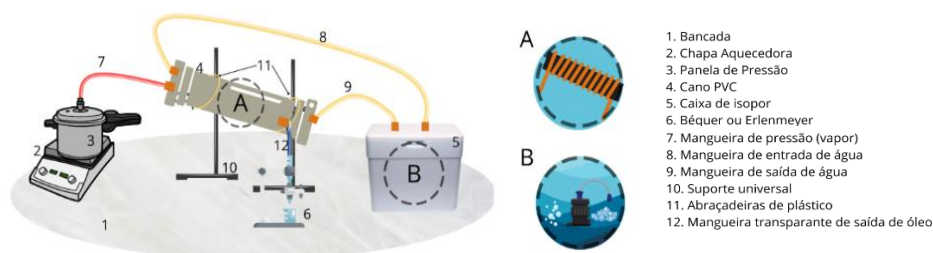
QUADRO 3. Lista de materiais para o protótipo de extrator de óleos vegetais.

Tipo de material	Material	Especificação	Quant.
Metálicos	Fonte de calor	Por chama ou chapa aquecedora	1
	Panela de pressão	Pelo menos 5 litros com fechamento por vedação de borracha	1
	Tubo de cobre	Flexível com diâmetro de 3/8”	0,5m
	Conectores giratórios	¼” para 3/8”	4
	Espigões	¼” para ¼” e 1/4” para 3/8”	4
	Arruelas	Com diâmetro interno mínimo de 17mm	4
	Bomba d’água	Com H _{máx} de elevação de 1m e 900 l/h de vazão, no mínimo	1
Poliméricos	Arruelas de borracha	Com diâmetro interno de 5mm, no máximo	2
	Aneis de vedação	De borracha, para vedação	4
	Mangueira de pressão	3/8” de diâmetro interno com reforço	4m
	Mangueira cristal	¼” de diâmetro interno sem reforço	0,2m
	Tubo policloreto de vinila (PVC)	Diâmetro de 100mm	0,5m
	Tampa policloreto de vinila (PVC)	Diâmetro de 100mm	2
Cerâmicos	Acético/adesivo de silicone	Para alta temperaturas, pelo menos acima de 200°C	1

Fonte: Autores (2024).

A escolha de materiais do grupo dos metais foi, principalmente, para o projeto de estrutura, pelo fato de apresentarem melhor resistência ao contato com vapor. Os materiais poliméricos foram utilizados como elementos de condução da água, vedação e isolamento térmico. Os materiais cerâmicos foram usados apenas como auxiliares de vedação. Nesta segunda versão do protótipo, os alunos elaboraram um esquema para visualização geral dos elementos que o compõem (figura 7).

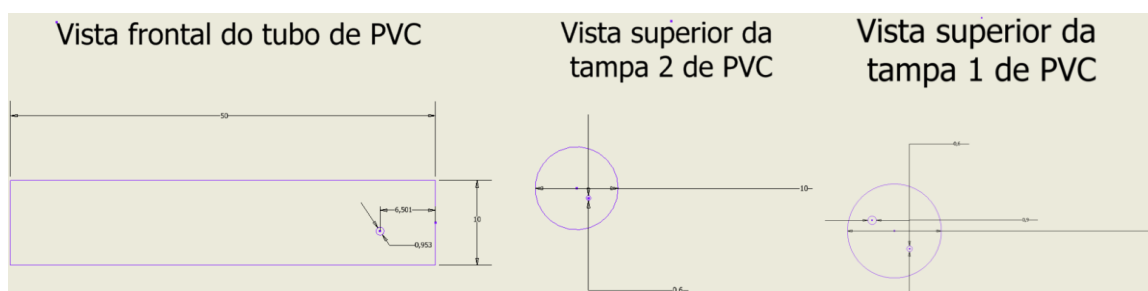
FIGURA 7. Esquema do protótipo final.



Fonte: Autores (2024).

A última recomendação feita pelo professor, para que todas as partes do protótipo fiquem sobre uma mesma bancada foi atendida, a partir da alteração do ângulo de 0° entre o tubo de PVC e as hastes de fixação para cerca de 30°. No processo de desenvolvimento desta etapa, os alunos também esboçaram os desenhos para demarcar os cortes e furos. Parte desses desenhos é apresentada na figura 8.

FIGURA 8. Desenhos técnicos dos materiais PVC do protótipo de extrator de óleos vegetais.



Fonte: Autores (2024).

Esta fase cumpriu o objetivo de aprendizagem de aprofundamento da pesquisa e melhoria do protótipo, considerando que as orientações indicadas pelo professor foram atendidas.

3.5 Desenvolvimento da apresentação final

Esse momento ocorreu em sala de aula, em diálogo com o professor. Os estudantes se concentraram em organizar e estruturar seus achados, de forma clara e eficaz, preparando-se para comunicar à comunidade sobre seu trabalho. Nessa etapa, os alunos pensaram na forma de apresentação, banners, vídeos, entre outros, com o objetivo de exercitar suas habilidades de comunicação. A preparação focou principalmente na apresentação para a SNCT 2023. Nos encontros, o professor avaliou o conhecimento adquirido através do diário de bordo e estimulou a colaboração entre as equipes. Nesta fase, também foi estabelecida parceria com o projeto “Educação profissional e uso sustentável de recursos naturais a partir de um Jardim Sensorial”, fomentado pelo Programa de Educação Profissional e Tecnológica (PROEPT) da Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) para análises dos óleos essenciais.

3.6 Publicação do produto ou artefatos

O auge do projeto ABP foi a apresentação do artefato em um evento científico. Nesse momento, os estudantes tiveram a oportunidade de compartilhar e disseminar o conhecimento

aprendido. Na feira da SNCT, os alunos expuseram seu artefato final a um público amplo, incluindo colegas, professores, imprensa e comunidade em geral. Essa apresentação valida o esforço e a criatividade e, com o feedback positivo do público, favorece a satisfação dos estudantes.

FIGURA 9. Protótipo apresentado na SNCT 2023



Fonte: Autores (2024).

A avaliação desta etapa foi utilizada a ficha de avaliação do próprio evento, que considerou os critérios relação com o curso, criatividade, clareza na apresentação, qualidade dos itens apresentados e inovação tecnológica. O trabalho apresentado recebeu nota máxima em todos os itens por três avaliadores externos. Este resultado estimulou os alunos a participarem de outros eventos científicos. O artefato foi usado numa intervenção pedagógica em uma turma de 9º ano do Ensino Fundamental para demonstrar os óleos em plantas medicinais. O protótipo foi apresentado também na Feira Brasileira de Ciências e Engenharia (FEBRACE) e aprovado para apresentação na Mostra Tecnológica do Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação (CONNEPI) em Belém/PA.

3.7 Avaliação de aprendizagem dos alunos

Ao final do projeto, além da própria exposição do trabalho, foi realizada uma autoavaliação mediada pelo professor. Foram combinadas questões abertas e fechadas sobre a participação pessoal no projeto, avaliação do tipo de apresentação e do protótipo, dos conteúdos abordados e de possíveis decisões sobre ascender para carreira acadêmica no ensino superior.

Os resultados da equipe que desenvolveu o projeto descrito neste trabalho indicam que os alunos consideram que realizaram a maioria das pesquisas necessárias para a execução do projeto, que o trabalho foi completamente claro e apresentado da melhor forma possível, relatam também que a exposição pública foi muito importante para demonstrarem à comunidade o artefato desenvolvido. Do ponto de vista de avaliação numérica individual, a média das notas atribuídas foi de 77, numa escala de 0 a 100. Os alunos relatam que estudaram conteúdos de Química, Física, Biologia

e Engenharia Mecânica para o desenvolvimento do protótipo, e que o potencial de influência sobre o processo de escolha da carreira acadêmica no ensino superior é alto, e que cerca de 70% deles têm vontade de seguir na área de engenharia, especialmente nas áreas de elétrica, mecânica e química.

4. CONCLUSÕES

A aplicação do método de ensino ABP integrado à abordagem STEAM desenvolvida em um contexto de sala de aula que tenha o objetivo de integrar conhecimentos das áreas de formação comum e técnica, demonstrou ser uma estratégia adequada para aumentar o interesse dos estudantes pelas áreas de engenharia e tecnologia. Essa afirmação parte dos resultados observados ao longo do desenvolvimento das etapas da ABP e da avaliação feita pelos alunos ao final do projeto.

O processo de integração de conhecimentos de diversas áreas contribuiu para o aprendizado e indicou uma aproximação do objetivo de integração que se espera na educação profissional e tecnológica. Competências dos estudantes podem ser desenvolvidas a partir de projetos em ABP, divergindo do ensino mais tradicional, contemplando inclusive outros conteúdos. A relevância social de projetos em ABP, ao trabalhar com situações da vida real, torna os projetos mais relevantes aos alunos. As conclusões obtidas a partir de análise da autoavaliação dos estudantes demonstram que este método de ensino pode ter influência na escolha de carreiras acadêmicas na área de engenharia, tendo em vista o engajamento alcançado pelos alunos ao longo do projeto e o nível de aprofundamento que precisaram obter para entregar um artefato dentro do esperado.

Numa perspectiva de replicação do mesmo projeto, no entanto, é necessário que se observem as limitações relacionadas a estrutura das escolas, a modalidade e nível de ensino e a diversificação nos métodos de avaliação de aprendizagem. Essas limitações podem ser superadas pela flexibilidade da ABP quanto à diversificação de projetos que podem abranger outras áreas do conhecimento, temas e aplicabilidades no contexto social dos alunos e da própria escola.

Portanto, o objeto de pesquisa deste artigo impõe-se como uma ferramenta eficaz para o desenvolvimento de estratégias de ensino inovadoras e eficaz para a formação de profissionais estimulados a seguir nas carreiras de engenharia e ciências, sendo replicável, quando possível e ajustável, conforme os objetivos e intencionalidades dos professores, como por exemplo, na perspectiva de estimular novos estudantes da engenharia.

AGRADECIMENTOS

À FAPEAM pelo auxílio-pesquisa e ao CETAM pelas bolsas vinculadas ao Edital N. 015/2023 – PROEPT/FAPEAM. Ao IFAM pelas bolsas vinculadas ao Programa Institucional de Iniciação Científica do Edital N. 003/2023/DPI/PPGI/IFAM/IC.

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis por este trabalho.

REFERÊNCIAS

- AZAMBUJA, Karla Vanessa Fernandes. **Metodologias ativas para inovação no aprendizado**: Um estudo de caso STEAM na educação brasileira para motivação à engenharia. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Inovação Tecnológica, UFMG, Belo Horizonte, MG, 2022.
- BABBIE, E. **Survey Research Methods**. 2ª Edição, 1990.
- BACICH, Lilian. HOLANDA, Leandro. **STEAM em Sala de Aula**: A Aprendizagem Baseada em Projetos Integrando Conhecimentos na Educação Básica. Porto Alegre: Penso, 2020
- BENDER, William N. **Aprendizagem Baseada em Projetos**: educação diferenciada para o século XXI. Porto Alegre: Penso, 2014.
- BUCK INSTITUTE FOR EDUCATION. **Aprendizagem baseada em projetos**: guia para professores de ensino fundamental e médio. Artmed, 2008.
- BRASIL. **Documento Base da EPT**. Brasília: [s. n.], 2007.
- DUTRA, A. N., TASSO, C., FINZER, J. R. D., LISBOA, C. R., SFREDO, M. A. Quantificação de óleo essencial em folhas de capim limão (*Cymbopogon citratus*). **Jornada de Ensino Pesquisa e Extensão**. Rio Grande do Sul, 2018.
- INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS, IFAM. **Projeto Pedagógico de Curso do Técnico de Nível Médio em Eletromecânica na Forma Integrada**. Manaus: 2020.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS, INEP. **Resultados do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) 2022**, Brasília: 2023
- MENDONÇA, Andréa Pereira; COELHO, Iandra, Maria Weirich. **Rubrica e suas contribuições para avaliação de desempenho de estudantes**. In Souza, Ana C. R de, et al. (org.). Formação de professores e estratégias de ensino: perspectivas teórico-práticas. 1ª ed. Curitiba: Appris, 2018.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO, MCTI. **20ª Semana Nacional de Ciência e Tecnologia**. Disponível em <<https://semanact.mcti.gov.br/>> . Acesso em jul de 2024.
- PADILHA, Alexandre Wagner; SILVA, Carlos Alexandre Gouvea da; PEDROSO, Carlos Marcelo; SANTOS, Edson Leonardo dos; FILHO, Horácio Tertuliano dos Santos; LIMA, Rafaela Ukrainski Tosta de; OLIVEIRA, Zayon Marcelo de S. Análise da Influência da Formação de Ensino Médio no Desempenho Acadêmico de Estudantes de Engenharia. **Revista Eletrônica Engenharia Viva**. Goiânia, v.3, n.2, p. 64-77, ago/dez 2016.
- PIANA, Maria Cristina. **A Pesquisa de Campo**. Unesp, São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.
- VILLAS-BOAS, Valquíria; MARTINS, José Arthur. Projeto Engenheiro do Futuro: promovendo as engenharias entre os estudantes de ensino médio. **Revista Dynamis**. Blumenau, v.12, n.2, p.3-17, 2012.