



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

ÁREA DE ENSINO E APRENDIZAGEM DA
MATEMÁTICA E SEUS FUNDAMENTOS FILOSÓFICO-CIENTÍFICOS

**INTERAÇÕES ENTRE CULTURA *MAKER* E
ABORDAGEM STEM: EMERGÊNCIAS EM
UMA DISCIPLINA ELETIVA NO ENSINO
MÉDIO**

Thaina Corrêa Teberga

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS

RIO CLARO - SP

2026

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

Thaina Corrêa Teberga

**Interações entre Cultura *Maker* e abordagem STEM:
emergências em uma disciplina eletiva no Ensino Médio**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Educação Matemática.

Orientadora: Profa. Assoc. Sueli Liberatti Javaroni.

Coorientadora: Profa. Assoc. Mariana Matulovic da Silva Rodrigueiro.

Rio Claro – SP
2026

T254i

Teberga, Thaina Corrêa

Interações entre Cultura Maker e abordagem STEM : Emergências em uma disciplina eletiva no ensino médio / Thaina Corrêa Teberga. -- Rio Claro, 2026

206 p. : tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro

Orientadora: Sueli Liberatti Javaroni

Coorientadora: Mariana Matulovic da Silva Rodrigueiro

1. Metodologias Ativas. 2. Sustentabilidade. 3. Aprendizagem Baseada em Projeto. 4. Educação Matemática. 5. Tecnologias Digitais. I. Título.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

A pesquisa contribui para a ODS 4 – Educação de Qualidade ao propor a interação entre Cultura *Maker* e abordagem STEM como estratégia para promover o protagonismo estudantil, a aprendizagem ativa, o engajamento e a autonomia, conectando o conteúdo escolar com problemas do mundo real.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

The research contributes to SDG 4 – Quality Education by proposing the integration of Maker Culture and the STEM approach as a strategy to promote student protagonism, active learning, engagement, and autonomy, connecting school content with real-world problems.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

THAINA CORRÊA TEBERGA

Interações entre Cultura *Maker* e Abordagem STEM: Emergências em uma
disciplina eletiva no Ensino Médio

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Educação Matemática.

Comissão Examinadora

Profa. Assoc. Sueli Liberatti Javaroni - Orientadora
FC/UNESP/Bauru-SP

Profa. Dra. Silvana Claudia dos Santos
UFV/Viçosa-MG

Prof. Dr. Diego Eduardo Lieban
IFRS/Bento Gonçalves-RS

Conceito: Aprovado.

Rio Claro/SP, 12 de dezembro de 2025

Dedico este trabalho à Thainá criança, que
sonhava em ensinar e acreditava em finais
felizes.

À Thainá mulher, que continua sonhando e
aprendeu a se orgulhar de si mesma.

AGRADECIMENTOS

Escrever esses agradecimentos é, talvez, a parte mais difícil deste trabalho. Não porque faltem pessoas a quem agradecer, mas porque nenhuma palavra parece suficiente para traduzir o quanto cada gesto, cada presença, cada silêncio acolhedor fez diferença. Este caminho foi trilhado com esforço, cansaço, dúvidas, fé e muitos reencontros comigo mesma. Entre páginas escritas e noites mal dormidas, havia mãos que me seguravam e corações que batiam junto ao meu. A todos que caminharam comigo, ainda que por um trecho, deixo aqui o que as palavras não alcançam: minha gratidão mais profunda.

Queria começar agradecendo a Deus, ao universo, a força superior que o guia, independentemente de religião ou crença e às energias que me levaram quando eu não sabia para onde ir. À fé que me impulsionou a dar o próximo passo. Aos sinais sutis da vida, aos encontros certos no momento exato, às pausas que me ensinaram tanto quanto os movimentos. Gratidão por tudo aquilo que não se vê, mas que senti em cada parte do caminho.

Aos meus pais, minha base mais sólida e meu amor mais seguro. Mãe, você é uma mulher forte, daquelas que não se dobra, mesmo quando tudo parece querer te derrubar. Sempre batalhou para dar o melhor para gente, e não era só o necessário, era o que a gente queria mesmo, até quando era um caderno cheio de frufu só para eu me sentir especial no primeiro dia de aula. Você sempre esteve ao meu lado, mesmo nas madrugadas mais difíceis, quando eu estava doente, com medo ou cansada demais. O seu colo é meu abrigo e seu amor é meu Norte. Pai, você sempre fez de tudo para nos dar o melhor. E mesmo sem ter muito, nunca deixou faltar aquilo que realmente importava. Foi você quem deu um jeito de nos colocar na melhor escola, de pagar cursinho, de abrir caminhos para que os nossos sonhos pudessem nascer. Seu esforço silencioso é uma das formas mais bonitas de amor que eu conheço.

Se eu cheguei até aqui, foi porque vocês estavam sempre ali, nos bastidores e na linha de frente, prontos para me apoiar, me levantar, me lembrar do meu valor. Esse trabalho é meu, mas é de vocês também. Porque tudo o que sou carrega a força, o cuidado e o amor que vocês me deram. Obrigada por terem abdicado de tantos sonhos para que os nossos pudessem se realizar. Por cada passo que deixaram de dar, para que a gente pudesse caminhar mais longe. Tudo o que conquistei até aqui também é conquista de vocês.

Às minhas irmãs, Julia e Bruna, um suco de confusão e amor. Desde pequenas somos inseparáveis, mesmo brigando mais do que tudo. Hoje, mesmo morando em casas diferentes,

as ligações continuam, seja para fofocar, reclamar, discutir ou simplesmente ficar em silêncio fazendo cada uma suas coisas, juntas... do jeitinho que a gente é.

Com a Julia, tenho essa relação de filha com irmã: ela sempre foi a “mãe” do trio, aquela que cuida, faz comida, empresta roupa, tira do dela para dar para gente sem pensar duas vezes. Uma mulher forte, de coração tão puro que chega a ser trouxa (mas da melhor forma possível). Ela é uma inspiração, mesmo quando nega que é. Com a Bruna, a relação é de dupla: companheira de quarto, de brincadeiras com Polly, de academia (mesmo quando tento dar desculpas ridículas para não ir, ela me arrasta assim mesmo).

Mesmo com todas as nossas brigas (que são muitas), sei que vocês duas são as que vão me fazer rir da coisa mais idiota do mundo mesmo quando eu estiver chorando que nem uma besta. Vocês me apoiam até quando eu estou errada, e isso, bom... é amor de verdade. Tenho muita sorte de ter essas duas na minha vida e eu amo vocês (pronto, falei!). E se alguém quiser experimentar o que é conviver com irmãs assim, eu até empresto. Porque vender, sinceramente, não dá, não vai render nada mesmo, ninguém paga por mercadoria desvalorizada desse nível. Mas, ainda assim, são meus maiores tesouros, vai entender.

E, como se não bastasse, foram elas que me deram os maiores castigos da vida: Murilo e Victor. Em algum momento eu devo ter cometido um erro cruel com o universo para merecer isso, e agora não tem mais volta. A gente não escolhe em que família vai nascer, e muito menos quem as irmãs vão arrastar para dentro dela. Aparentemente, família é isso: você não pede, não escolhe, mas ganha o combo completo, com bônus (ou punições) incluídos. No fim das contas, obrigada por estarem por perto, fazerem parte da bagunça e, de vez em quando, até ajudarem a arrumar um pedaço dela.

À minha avó, que sempre reclama dos meus beijos dizendo que sou muito beijoqueira, mas quando eu fico sem mandar, sente falta e reclama também. A senhora é a mulher mais forte que eu conheço, e quando eu crescer, quero ser igual a você (com um pouco menos de resmungos, talvez). Obrigada pelo amor que chega até quando vem emburrado, pelas risadas entre as broncas e, claro, pelo melhor arroz vermelho do universo. Te amo mais do que meus beijos conseguem expressar (e sim, vou continuar te enchendo deles).

À Paula, minha química de plantão e tia preferida por parte de mãe (ok, a única, mas vamos fingir que a concorrência era forte). Obrigada por sempre estar por perto, mesmo que o “perto” significava responder uma dúvida aleatória sobre a composição química do plástico às onze da noite, sem julgar (muito). Por mais boba que fosse a pergunta, você sempre tinha a resposta e um sorriso junto. Ser sua sobrinha do meio preferida é um título que me orgulho de

ostentar. Te admiro demais e sou grata por tudo. Ao Du, pelas melhores sugestões de séries, que foram absolutamente fundamentais para eu não surtar nesses dois anos.

Aos meus tios paternos, que são um capítulo à parte nessa caminhada. Tio Lelê, o tio mais paia que alguém poderia ter (e isso não é ofensa, é título de honra mesmo). Má, sempre presente me incentivando em tudo e com conselhos maravilhosos. Tio Cleyton, que quase me fez desistir da Matemática com seus puxões de orelha (mas no fundo, bem no fundo, era só amor pedagógico, né?). E tia Patrícia, que transforma qualquer dúvida doméstica numa investigação nível FBI. Cada um de vocês, do seu jeito único, deixou pegadas (e risadas) nesse caminho. Amo vocês demais, mesmo sendo doidinhos.

Aos meus primos, que enchem minha vida de risos, afeto, um pouquinho de loucura e muita competitividade (inclusive, sim, vocês roubam nos jogos e eu tenho provas). À Rayssa, que me ensinou que barriga cheia é sinônimo de bom humor, e que virou mãe da Helena, uma criança tão maravilhosa que eu considero seriamente sequestrar (com amor e cuidados, claro). À Manu, a prima mais inteligente, que vive pedindo aula particular mesmo já sabendo todo o conteúdo. Ao Marcus, sempre ligado no 220V, impossível de acompanhar, mas impossível de não amar também. E à Sofia, minha gêmea de papelaria e maquiagem, que vive tentando disputar o posto de neta preferida, mas já sabe (mesmo que não admita) que ele é meu. Beijo, Fia! Ter vocês por perto deixa a vida mais leve, mais bonita e muito mais divertida. Amo vocês com força!

À tia Renata, minha inspiração para ser professora. Quando eu era criança, queria ser igual a ela: cabelo cacheado, batom vermelho (porque ela sempre diz que mulheres fortes e independentes usam) e, claro, ser professora. Hoje, talvez eu ainda esteja aprendendo a ter a mesma força e elegância que sempre vi nela, mas um sonho eu realizei: virei professora. A tia Nelci, que me acompanhou e me ajudou durante a minha formação, sempre com apoio e palavras certas nos momentos difíceis e, principalmente, por confiar em mim quando dei meus primeiros passos como professora.

À minha família, um grupo de malucos que transforma qualquer conversa em debate, qualquer briga em comédia e qualquer encontro em festa. Tenho muito orgulho de carregar esse sobrenome e fazer parte dessa bagunça que eu chamo de lar.

À Bia, Kauan, Jonas, Davi, Yancel, Bia, Gabriel, Lucas e Ana, meus amigos, meu ponto de paz em meio ao caos do mestrado. Nossas noites de jogos foram mais do que diversão, foram respiro, afeto e sobrevivência emocional. Vocês foram essenciais nas atividades da pós, até nos seminários mais difíceis de acompanhar (com direito a olhares de desespero compartilhado e

piadas internas sobre tudo o que sempre acontecia). Mesmo chegando há pouco tempo, vocês me fizeram conhecer uma Thainá que eu não quero abandonar: uma versão de mim que aprendeu aproveitar mais, rir alto, dizer “sim” para o inesperado e até sair do conforto da minha cama para ir em festas universitárias, mesmo quando o ambiente era, no mínimo, questionável. Vocês têm as melhores piadas, os abraços mais acolhedores, os conselhos certos na hora errada (ou vice-versa), um espaço gigante no meu coração e uma importância que nem sei descrever direito. Chegaram há pouco tempo, mas foram intensos, verdadeiros, e absolutamente fundamentais. Sei que, em breve, cada um vai seguir seu caminho, alguns continuam na pós, outros voltam para casa, outros já estão construindo novos começos, mas não importa a distância, o carinho fica. Obrigada por me acompanharem nos momentos mais leves e, principalmente, nos mais pesados. Levarei cada um de vocês comigo, sempre.

À Fran, por ser um anjo na minha vida caótica. Por me escutar, me orientar, rir comigo (e de mim), e por me lembrar, sempre, que jamais devemos duvidar do universo, porque ele tem um senso de humor muito próprio e sabe, sim, como piorar as coisas só para nos dar aquela liçãozinha cósmica. Obrigada por estar comigo nos altos, baixos e nas entrelinhas. À Suellen, que sempre tem uma resposta na ponta da língua (nem sempre a que eu quero ouvir) e que, mesmo estressada, esteve sempre ali, firme e parceira. Ao Valci e ao Francisco, meus irmãos de orientação, por cada conversa, cada ajuda, cada ombro amigo e, especialmente ao Valci, por sacrificar tardes inteiras tentando me ensinar a programar (isso merece um agradecimento vitalício). Aos colegas da pós e do grupo de pesquisa, que dividiram dúvidas, angústias e descobertas comigo, tornando esse processo mais tranquilo e colaborativo.

Aos amigos que caminharam comigo em diferentes momentos da vida e que, de certa forma, me ajudaram a construir esse percurso. Aos amigos que vieram antes da pós, que alimentaram esse sonho desde a faculdade, Gabe, Zé e Stefany, vocês acreditaram em mim mesmo quando eu mesma ainda duvidava. E, (com aquele leve suspense), aos que cruzaram meu caminho na vida profissional e pessoal e que, direta ou indiretamente, me impulsionam até aqui, você sabe quem é. Ao Gilson e ao Matheus, que não só me deram ótimos conselhos e oportunidades, mas também encheram meus dias de risadas e fofocas inesquecíveis. Cada um de vocês, de um jeito único, tornou essa caminhada mais leve, mais rica e muito mais especial. E aos que, em algum momento, foram amigos, mesmo que hoje nossos caminhos sigam separados. Obrigada pelas conversas, trocas, risadas e até pelos silêncios. Talvez a vida tenha levado cada um para um lado, talvez estivéssemos em livros diferentes, mas a verdade é que, de alguma forma, vocês contribuíram para que eu chegasse até aqui. E isso já é muito.

À minha orientadora, Sueli, que o destino (ou alguma força muito generosa do universo) colocou no meu caminho no processo seletivo. Obrigada por ter me aceito, acolhido e guiado com tanta sabedoria, firmeza e cuidado. Te admiro imensamente, pela profissional impecável que é, e pela mulher forte, generosa e atenta que inspira muito mais do que imagina. A senhora foi mais do que orientadora: foi conselheira, puxadora de orelhas e, em muitos momentos, uma mãe acadêmica, sempre me lembrando que descansar a mente também faz parte do processo (mesmo quando eu fingia que não era comigo). No nosso grupo você é a leoa, aquela que nos protege, nos orienta e nos defende com a garra de quem cuida de verdade. E, sim, mesmo com as mensagens TODAS EM CAPS LOCK que me davam um mini infarto, eu só tenho gratidão por cada palavra. Obrigada por acreditar em mim, mesmo quando eu duvidava. À Mari, minha coorientadora, pelas discussões e pelas diferentes perspectivas que contribuíram, de alguma forma, para este trabalho.

À professora Bárbara, parceira de eletiva, de ideias malucas (que milagrosamente sempre davam certas) e de apoios incondicionais às minhas tentativas mais ousadas com os alunos. Obrigada por confiar em mim, por topar cada proposta diferente e por transformar a sala de aula em um espaço vivo, criativo e cheio de possibilidades. Sua coragem de experimentar, seu olhar sempre aberto e, claro, sua elegância impecável (sério, quem dá aula o dia todo no Ensino Médio de salto alto e continua plena?) me inspiraram muito ao longo desse processo. Foi uma honra dividir essa caminhada com você.

Aos oito alunos que fizeram parte da minha produção de dados e da minha história. No começo, confesso, fiquei triste quando ninguém queria fazer grupo comigo. Mas depois vocês estavam lá, me implorando para continuar e foi ali que começou algo que vou guardar para sempre. No início, eu torcia o nariz toda vez que me chamavam de “tia”, mas no fim, fui eu que senti saudades nos nossos encontros de sexta à tarde. Vocês me devolveram a alegria de ensinar, depois de uma decepção que quase apagou essa vontade. Me mostraram, com cada riso, cada desafio e cada fofoca compartilhada, que eu escolhi a profissão certa. E falando em fofoca... obrigada por solidificar nosso relacionamento (afinal, fofoca une mais que qualquer metodologia ativa, né?). Durante a transcrição dos dados, percebi que metade do tempo vocês estavam perguntando da “Su” e mandando recado para minha orientadora, como se ela fosse uma celebridade da turma. E, de certo modo, era mesmo. Obrigada por me olharem com olhos curiosos, por me ensinarem mais do que qualquer artigo, e por serem exatamente como são: adolescentes que reclamam, fogem da aula, mas têm um brilho único e uma capacidade imensa de tocar o coração de quem ensina. Vocês são inesquecíveis.

Aos integrantes do projeto temático “Ensino e Aprendizagem de Matemática: possibilidades para a prática do professor”, pelas trocas tão ricas nas reuniões de quinta à tarde, pelas discussões profundas e pelas críticas sempre construtivas ao meu trabalho. À Maitê, por sua calma constante e por sempre conseguir enxergar o lado bom até das experiências mais difíceis. Ao Bruno, à Leandra e à Sandra, pela generosidade em compartilhar seus conhecimentos. Aos alunos da iniciação científica, pelas manhãs de terça recheadas de boas leituras, boas ideias e boas companhias. Cada um de vocês deixou uma marca nesse caminho e sou imensamente grata por isso.

Ao Grupo de Pesquisa em Informática, outras Mídias e Educação Matemática (GPIMEM), por contribuir imensamente para o meu crescimento enquanto pesquisadora. Obrigada pelas leituras compartilhadas, pelas discussões inspiradoras, pelos cafés que sempre vinham acompanhados de boas risadas e pelas devolutivas sinceras que me fizeram repensar, revisar e, principalmente, aprender. Ter meus textos lidos e comentados por vocês foi um privilégio. Sou grata por cada observação, cada conversa e por tudo que compartilhamos nesse percurso.

Ao Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática (PPGEM), sou imensamente grata por ter sido aluna deste espaço tão potente de formação. Aos professores, pela dedicação, pelas provocações teóricas e pelos ensinamentos que levarei para além das paredes da universidade. Aos funcionários, por toda atenção, suporte e cuidado ao longo do caminho. Obrigada por fazerem parte dessa etapa tão importante da minha vida.

Aos membros da banca examinadora, Professora Silvana e Professor Diego, expresse minha sincera gratidão. Agradeço à Silvana pela leitura cuidadosa, pelas sugestões e pelas contribuições que ajudaram a aprimorar este trabalho. Ao Diego, que, mesmo sem me conhecer, dedicou tardes inteiras a conversar comigo sobre o tema desta pesquisa, agradeço pela generosidade intelectual e por me ajudar a desemaranhar os nós que se formavam em minha cabeça, abrindo novos caminhos e reflexão.

À Casio, pelo financiamento do projeto temático, e à Fundação para o Desenvolvimento da Unesp (Fundunesp), pela gestão dos recursos. Meu agradecimento pelo apoio que tornou essa pesquisa possível.

A cada pessoa que, de alguma forma, caminhou comigo nesse percurso, meu muito obrigada, essa pesquisa carrega um pouco de cada um de vocês. Concluir essa dissertação não é um fim, mas uma passagem. Saio diferente de como entrei, mais forte, mais inteira e profundamente grata por tudo o que vivi.

Silêncio, Bruno! (Luca, 2021).

RESUMO

Nesta pesquisa tive por objetivo investigar as potencialidades e os desafios da interação entre a Cultura *Maker* e a abordagem STEM em uma disciplina eletiva para estudantes da 1ª série do Ensino Médio. Para isso, foi desenvolvida a disciplina eletiva intitulada “Mak3R’s: transformando ideias em ação”, envolvendo questões relacionadas à sustentabilidade, ao consumo consciente e à tecnologia. A disciplina foi ofertada em uma escola estadual do município de São Carlos – SP, participante do Programa de Ensino Integral (PEI), durante o segundo semestre de 2024. O objetivo do trabalho de um dos grupos da eletiva foi construir uma extrusora de garrafa PET e as atividades buscaram integrar conceitos matemáticos, análise crítica de dados e práticas sustentáveis, explorando funções da calculadora científica Casio fx-991LA CW, como planilhas, tabelas e resolução de equações. A proposta das aulas foi associada a temáticas como o consumo de garrafas PET, os impactos ambientais da produção e descarte de plásticos, e a estimativa de custos energéticos na produção de filamento reciclado para impressora 3D. Para a construção da extrusora, os alunos tiveram apoio de recursos tecnológicos, fortalecendo o vínculo entre teoria e prática, conforme os princípios do STEM e da Cultura *Maker*. Considerando o objetivo da pesquisa, adotou-se uma abordagem qualitativa, com interesse na compreensão dos processos e interações emergentes das experiências em sala. Os dados analisados foram produzidos por meio de diário de campo da pesquisadora, registros de áudio e vídeo, folhas de atividades respondidas pelos estudantes e relatos dos alunos e da professora titular da turma. Dentre os resultados, destacam-se: (i) a potência dos recursos tecnológicos como ferramenta para a investigação de problemas reais, indo além de seu uso domesticado; (ii) a construção de um ambiente colaborativo e investigativo, no qual os estudantes interpretaram criticamente os dados e apresentaram diferentes estratégias de resolução; (iii) o fortalecimento do pensamento crítico dos alunos diante de questões ambientais. Por fim, os resultados da pesquisa evidenciam uma proposta formativa que articula conceitos matemáticos com uso de tecnologias com criticidade e sustentabilidade, além de oferecer subsídios para professores que tenham interesse no trabalho com problemas ligados à realidade dos estudantes com metodologias ativas.

Palavras-chave: metodologias ativas; sustentabilidade; aprendizagem baseada em projeto; educação matemática; tecnologias digitais.

ABSTRACT

This research aimed to investigate the potential and challenges of the interaction between Maker Culture and the STEM approach in an elective course for 1st-year high school students. To this end, an elective course entitled "Mak3R's: transforming ideas into action" was developed, involving issues related to sustainability, conscious consumption, and technology. The course was offered at a state school in the municipality of São Carlos – SP, participating in the Full-Time Education Program (PEI), during the second semester of 2024. The objective of one of the elective groups' work was to build a PET bottle extruder, and the activities sought to integrate mathematical concepts, critical data analysis, and sustainable practices, exploring functions of the Casio fx-991LA CW scientific calculator, such as spreadsheets, tables, and equation solving. The proposed lessons were associated with themes such as PET bottle consumption, the environmental impacts of plastic production and disposal, and the estimation of energy costs in the production of recycled filament for 3D printers. For the construction of the extruder, students were supported by technological resources, strengthening the link between theory and practice, according to the principles of STEM and Maker Culture. Considering the research objective, a qualitative approach was adopted, focusing on understanding the processes and interactions emerging from classroom experiences. The data analyzed were produced through the researcher's field diary, audio and video recordings, activity sheets completed by students, and reports from students and the class's main teacher. Among the results, the following stand out: (i) the power of technological resources as a tool for investigating real-world problems, going beyond their domesticated use; (ii) the construction of a collaborative and investigative environment, in which students critically interpreted the data and presented different problem-solving strategies; (iii) the strengthening of students' critical thinking regarding environmental issues. Finally, the research results highlight a formative proposal that articulates mathematical concepts with the use of technologies with criticality and sustainability, in addition to offering support for teachers interested in working with problems related to students' reality using active methodologies.

Keywords: Active methodologies; sustainability; project-based learning; mathematics education; digital technologies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo de mesa de transmissão.....	21
Figura 2: Projeto de impressora 3D.....	22
Figura 3: Material manipulativo construído para o TCC de graduação	23
Figura 4: Pirâmide de aprendizagem baseada em Dale.....	59
Figura 5: Diferença entre o processo pedagógico tradicional e ativo.....	61
Figura 6: Premissas da APB	74
Figura 7: Plano de aula entregue para a escola.....	101
Figura 8: Plantio de mudas na escola	107
Figura 9: Calculadora ecológica.....	108
Figura 10: Calculadora gráfica	108
Figura 11: Protótipo - grupo 3	109
Figura 12: Laboratório <i>Maker</i>	111
Figura 13: Fixação da lâmina	117
Figura 14: Adaptação de ferramentas.....	118
Figura 15: Fonte de alimentação	119
Figura 16: Emendas dos fios	120
Figura 17: Estratégia usada para dividir a barra roscada.....	121
Figura 18: Fixação do carretel.....	122
Figura 19: Uso da calculadora científica	124
Figura 20: Ajuste na estrutura da extrusora.....	125
Figura 21: Foto de filamento de PET produzido pelos estudantes.....	126
Figura 22: Imagem estática do processo de fabricação de filamento	127
Figura 23: Primeiros movimentos realizados para organização dos dados	129
Figura 24: Movimento realizado para a organização dos dados	130
Figura 25: Respostas dos alunos no questionário.....	135
Figura 26: Respostas dos alunos no questionário	137
Figura 27: Respostas dos alunos no questionário.....	140
Figura 28: Respostas dos alunos no questionário	143
Figura 29: Respostas dos alunos no questionário.....	145
Figura 30: Quantidade de Pet necessárias para produzir um carretel de filamentos	150
Figura 31: Respostas dos alunos no questionário.....	151

Figura 32: Respostas dos alunos no questionário.....	152
Figura 33: Estimativa de descarte de PET semanal.....	153
Figura 34: Respostas dos alunos no questionário.....	154
Figura 35: Respostas dos alunos no questionário.....	154
Figura 36: Estudantes manipulando ferramentas do laboratório maker.....	158
Figura 37: Respostas dos alunos no questionário.....	159
Figura 38: Estudante usando um estilete para apertar um parafuso.....	159
Figura 39: Estudantes pesquisando na internet.....	164
Figura 40: Uso de tecnologias digitais.....	165
Figura 41: Uso de calculadoras científicas.....	168
Figura 42: Diagrama de Venn entre Maker e STEM.....	183

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Resultado da primeira busca realizada no Catálogo da CAPES.....	31
Quadro 2: Resultado da busca realizada no Catálogo da CAPES	31
Quadro 3: Pesquisas relacionadas aos descritores "Cultura Maker" e "Ensino Médio" no Catálogo da CAPES	32
Quadro 4: Pesquisas relacionadas aos descritores “STEM” e “Ensino Médio” no Catálogo da CAPES.....	33
Quadro 5: Panorama das pesquisas envolvendo Cultura <i>Maker</i> e STEM.....	45
Quadro 6: Como os projetos dialogam com as competências gerais da BNCC.....	49
Quadro 7: Principais ideias dos teóricos	66
Quadro 8: Princípios e premissas do PEI	81
Quadro 9: Etapas do PDCA.....	84
Quadro 10: Fonte de produção de dados	104
Quadro 11: Delineamento das aulas	113

LISTA DE ABREVIATURAS

3R's	Reduzir, Reutilizar e Reciclar
4C's	Colaboração, Comunicação, Criatividade e Pensamento Crítico
Abipet	Associação Brasileira da Indústria do PET
ABP	Aprendizagem Baseada em Projetos
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEP	Comitê de Ética e Pesquisa
CTIG	Colégio Técnico Industrial de Guaratinguetá
DE	Diretoria de Ensino
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
FUNDUNESP	Fundação para o Desenvolvimento da UNESP
GPIMEM	Grupo de Pesquisa em Informática, outras Mídias e Educação Matemática
IA	Inteligência Artificial
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MUSA	Museu da Amazônia
PDCA	Plan, do, check, act
PEC	Professor Especialista em Currículo
PEI	Programa de Ensino Integral
PET	Politereftalato de Etileno
PPGEM	Programa de Pós Graduação em Educação Matemática
PPP	Procedimentos Passo a Passo
PV	Projeto de Vida
PVC	Policloreto de vinila
STEAM	Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics
STEM	Science, Technology, Engineering and Mathematics
TALE	Termo de Assentimento Livre e Esclarecido
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
TCLE	Termo de Consentimento livre e Esclarecido
UFScar	Universidade Federal de São Carlos
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
UNESP	Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	20
1.1 Trajetória da pesquisadora	20
1.2 Projeto “Ensino e aprendizagem de Matemática com calculadoras: possibilidades para a prática do professor	24
1.3 Organização da dissertação	28
2. REVISÃO DE PESQUISAS EM EDUCAÇÃO: CULTURA MAKER E ABORDAGEM STEM NO ENSINO MÉDIO	30
2.1 Como a busca foi realizada?	30
2.2 O que dizem as pesquisas brasileiras? E como esta pesquisa se faz relevante nesse cenário?	34
2.3 Justificativa teórica e contextual para a escolha do tema	48
3 REFERENCIAL TEÓRICO: ELEMENTOS TEÓRICOS E CONTEXTUAIS PARA O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	55
3.1 Metodologias Ativas na educação	55
3.2 Modelo tradicional de ensino X metodologias ativas	58
3.2.1 Alguns teóricos da educação que defendem essa mudança.....	62
3.2.2 Papel do professor e mediação pedagógica	67
3.3 Aprendizagem Baseada em Projetos, Cultura <i>Maker</i> e STEM: aproximações e complementaridades	71
3.4 Programa de Ensino Integral	79
3.4.1 O Programa Ensino Integral	79
3.4.2 O Componente Curricular Projeto de Vida no Currículo Paulista	85
3.4.3 Disciplinas Eletivas	88
3.5 Educação, 3R’s e Sustentabilidade: o PET como ponto de partida para práticas <i>maker</i> e STEM	90
3.6 Entrelaçamento de ideias	94
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	96
4.1 Pesquisa Qualitativa	96
4.2 Contexto da pesquisa de campo	98
4.2.1 A parceria com a escola e com a Professora Bárbara.....	99

4.2.2 Participantes da pesquisa e aspectos legais	103
4.2.3 Projetos	106
4.2.4 Laboratório Maker	109
4.3 Delineamento das aulas	112
4.4 Organização dos dados.....	127
5 ANÁLISE DOS DADOS: PERCURSOS E DESCOBERTAS DO PROCESSO	
INVESTIGATIVO	132
5.1 Desenvolvimento de habilidades e competências.....	132
5.2 Conexões entre áreas do conhecimento	147
5.3 Uso de tecnologias no projeto	157
5.4 Desafios e soluções encontradas	170
5.5 Reflexões Finais sobre a Interação entre ABP, Cultura <i>Maker</i> e STEM	181
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	185
REFERÊNCIAS	191
APÊNDICE A – FOLHA DE ATIVIDADES	198
APÊNDICE B – PERGUNTAS	200
ANEXO A – TUTORIAL PLANILHA	201
ANEXO B – TUTORIAL TABELA	203

1. INTRODUÇÃO

1.1 Trajetória da pesquisadora

Minha trajetória pessoal e acadêmica tem sido marcada por desafios, descobertas e um imenso desejo de entender o papel da educação na transformação da sociedade. Diante disso, apresento alguns aspectos da minha trajetória profissional e do meu problema de pesquisa, que elucidam os motivos que me trouxeram até a escrita dessa dissertação.

Durante minha formação acadêmica nos anos iniciais e finais do Ensino Fundamental, sempre me questioneei sobre as dificuldades que eu encontrava para manter a atenção nas aulas. As metodologias tradicionais e as abordagens expositivas usadas pelos professores, focando na transmissão do conteúdo, dificilmente conseguiam captar meu interesse. Era como se o conhecimento estivesse ali nas minhas mãos, mas faltava um elemento de interação, de prática ou mesmo de conexão com a minha realidade, que me motivasse a participar do processo de aprendizagem, como se fosse uma engrenagem com folga, que atrapalhava toda a transmissão.

Essa dificuldade, além de moldar a relação que eu tinha com a educação, também despertou em mim uma inquietação: por que as aulas são tão distantes da curiosidade natural que trazemos da infância? Essa pergunta acabou se tornando um dos motivos que me fizeram escolher a educação como área de atuação, com o objetivo de encontrar diferentes maneiras de fazer com que esse processo se tornasse mais envolvente e conectado às necessidades e interesses dos alunos.

Em 2016, ingressei no Colégio Técnico Industrial de Guaratinguetá¹ (CTIG) no curso de Mecânica. Logo no início do ano, ao analisar a grade curricular e com o início das aulas, percebi que enfrentaria grandes desafios. Além das disciplinas regulares do Ensino Médio, eu também teria que cursar as disciplinas específicas técnicas. Como o colégio funciona em período integral, não consegui encontrar tempo livre para revisar os conteúdos, utilizando métodos que sempre me ajudaram, como resumos e mapas mentais. Essa falta de tempo me deixou apreensiva, pois, de repente, eu tive que lidar com uma carga dobrada de disciplinas em comparação ao que estava acostumada, e o pouco tempo disponível para estudar em casa tornou essa adaptação ainda mais desafiadora.

No decorrer dos dias, enquanto eu e meus colegas íamos nos adaptando a essa nova escola, notei que os professores, principalmente os que ministravam as disciplinas do técnico,

¹ Para mais informações sobre o colégio, acesse: <https://www.feg.unesp.br/#!/cotec>

faziam uso de metodologias ativas² e aulas práticas para trabalhar com os conteúdos, e tendo acesso a esse tipo de aula ficou explícito que aquilo que inicialmente era interpretado como uma limitação pessoal não se configurava dessa forma. E foi aí que eu percebi que “as pessoas não aprendem da mesma forma, no mesmo ritmo e ao mesmo tempo” (Bacich; Moran, 2018, p. XV), percepção que me deixou mais leve e tranquila com esse novo ciclo escolar.

Esses professores recorriam a diferentes estratégias para organizar situações de aprendizagem que favorecessem o desenvolvimento de nossas habilidades e competências práticas. Na maioria das vezes era solicitado um projeto que contaria como nota de prova e nessas atividades, eram atribuídos para os alunos algum problema que nos desafiaria a criar protótipos para propor soluções que pudessem minimizar ou eliminar seus efeitos. No último ano do colégio desenvolvemos dois projetos que ajudaram a definir a área de estudo que me encontro hoje. O primeiro foi o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)³, onde tivemos que construir uma mesa de transmissão de movimento⁴, que ajudava os alunos a visualizarem a movimentação de polias, engrenagens e correntes, facilitando a compreensão dos conteúdos envolvidos no dimensionamento de algumas dessas peças mecânicas, como pode ser observada na figura 1, a seguir.

Figura 1: Modelo de mesa de transmissão



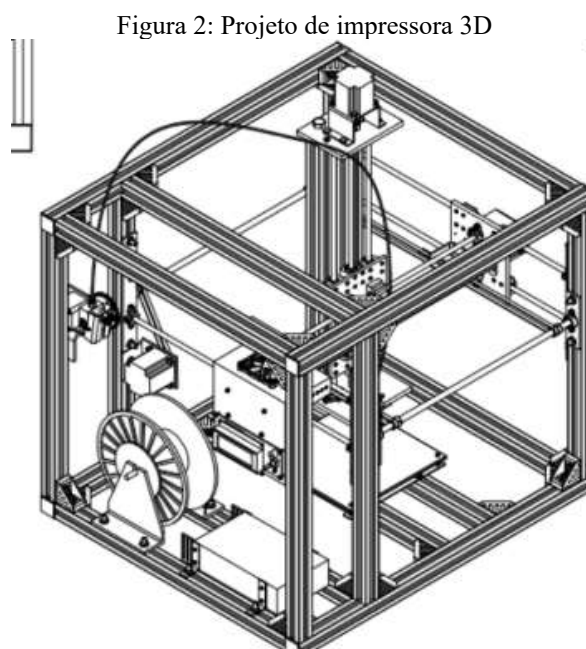
Fonte: Trabalho de conclusão de curso, 2018

² Metodologias ativas referem-se a abordagens de ensino em que os estudantes participam ativamente de atividades práticas e investigativas, assumindo um papel central em seu próprio aprendizado. O tema será discutido mais detalhadamente ao longo do texto.

³ Para mais informações sobre o trabalho, acesse: [TCC_COTEC.pdf](#)

⁴ Mesa de transmissão de movimento é um dispositivo ou conjunto de elementos mecânicos usados para transferir o movimento de uma peça para outra em sistemas mecânicos. Ela serve para conectar e transmitir força, torque ou movimento rotativo/translacional entre componentes diferentes, podendo ainda alterar a velocidade, a direção ou o tipo de movimento.

O segundo trabalho foi o projeto final da disciplina de desenho, no qual desenvolvemos o projeto de uma impressora 3D, como esboçado na figura 2, uma vez que a escola não possuía esse equipamento. A proposta era criar um projeto detalhado para que, no ano seguinte, os estudantes pudessem colocar a impressora em prática e utilizá-la efetivamente.



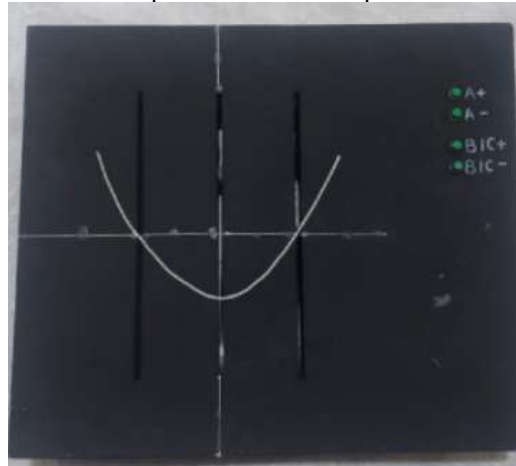
Fonte: Trabalho final da disciplina, 2018

Foi com esses projetos que me encontrei, ou seja, percebi que ambientes que faziam uso de metodologias de ensino baseadas no uso de atividades práticas para discutir e resolver problemas reais era o que buscava. E, assim, decidi seguir a área da educação para me aprofundar melhor nessas práticas.

Em 2019 ingressei no curso de Licenciatura em Matemática na UNESP de Guaratinguetá. Logo no primeiro ano comecei o estágio extracurricular e percebi a falta dessas metodologias nas salas de aulas. Pude me reconhecer naqueles alunos e na falta de motivação durante as aulas, atrapalhando a compreensão e o engajamento durante as atividades. Decidi, então, continuar com a ideia de desenvolvimento de projetos no meu trabalho de conclusão de curso, mas durante a graduação, em uma conversa com uma professora, percebi que queria trabalhar com educação inclusiva e integração de tecnologias na sala de aula. Durante os quatro anos que realizei estágios percebi a lacuna que existe no ensino relacionada a esses temas, principalmente quando falamos sobre a formação docente. Notei que muitos professores não estavam preparados para incluir alunos com deficiência, superdotação, transtornos ou alguma outra necessidade específica nas suas aulas, e muito menos utilizar as tecnologias disponibilizadas nas escolas.

Lembrando das minhas aulas de Matemática e da minha dificuldade em compreender gráficos de funções através dos desenhos e explicações orais dos professores, me questionei como seria para alunos com deficiência visual. Foi nesse momento que decidi o que eu gostaria de pesquisar⁵ e desenvolver, um material tátil para trabalhar gráficos de funções afim ou quadrática com alunos com deficiência visual, como pode ser ilustrado na figura 3. Utilizei de conceitos aprendidos sobre eletrônica no Ensino Médio para fazer com que esses gráficos se movimentassem, já que eu acreditava que a parte mais difícil de entender esse conteúdo eram as mudanças que o gráfico sofria quando alteramos algum parâmetro da função.

Figura 3: Material manipulativo construído para o TCC de graduação



Fonte: Teberga, 2023.

Dessa forma, ao colocar a “mão na massa” e unir conhecimentos de eletrônica e Educação Matemática, busquei desenvolver um recurso que tornasse o aprendizado de gráficos de funções mais acessível e concreto para alunos com deficiência visual.

Em 2024, fui aprovada no processo seletivo do Programa de Pós-graduação em Educação Matemática (PGEM) e todo o movimento de entender meu processo de aprendizagem, o contato com desenvolvimento de projetos e a percepção da tecnologia como um recurso promissor no ensino foram cruciais para ter escolhido a área da Cultura *Maker*⁶ e STEM⁷ para me aprofundar durante o mestrado.

Antes de começar meu envolvimento com essa pesquisa, já tinha definido que iria desenvolvê-la com estudantes da Educação Básica, podendo então discutir possibilidades para

⁵ Para saber mais sobre a pesquisa, acesse: [TCCgraduação.pdf](#)

⁶ Cultura *Maker* é uma abordagem educacional centrada no “mão na massa”, que valoriza a experimentação, a criatividade e a construção prática de soluções (Bacich; Hoalnda, 2020). O tema será discutido mais detalhadamente ao longo do texto.

⁷ STEM é uma abordagem educacional que integra Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática, buscando a resolução de problemas reais de forma interdisciplinar (Bacich; Holanda, 2020). O tema será discutido mais detalhadamente ao longo do texto.

a sala de aula. Um fator que contribuiu para que eu conseguisse de fato fazer esse estudo na sala de aula, envolvendo metodologias ativas e tecnologias digitais, foi devido ao projeto temático “Ensino e aprendizagem de Matemática com calculadoras: possibilidades para a prática do professor”, aprovado sob número 3221.2021 - Fundunesp, coordenado pela orientadora dessa dissertação, no qual minha pesquisa está vinculada.

Sendo assim, nessa pesquisa, buscamos construir um diálogo com a escola e o seu contexto, apresentando como o ambiente escolar influenciou no planejamento das propostas ao longo do semestre e na tomada de decisões, de modo alinhado com o objetivo do projeto temático, que é investigar possibilidades do uso de calculadoras científicas e gráficas no ensino de Matemática na Educação Básica.

Com isso, busco discutir as potencialidades e os desafios na interação da *Cultura Maker* e da abordagem STEM em uma disciplina eletiva, com alunos da primeira série do Ensino Médio. Essa discussão será realizada por meio da análise dos dados emergentes no desenvolvimento da eletiva e em particular com o que ocorreu com o subgrupo responsável pela construção de um protótipo de extrusora realizado por alunos do Ensino Médio, de uma escola do Programa Ensino Integral da cidade de São Carlos, trazendo as suas percepções e comportamentos no decorrer do semestre. Para o desenvolvimento da pesquisa, o seguinte problema de pesquisa foi delineado: O que emerge da interação entre *Cultura Maker* e abordagem STEM em uma disciplina eletiva com alunos da primeira série do Ensino Médio?

Destaco que durante o planejamento das aulas, respeitando a dinâmica escolar e da parceria feita com as professoras a partir do projeto temático, trabalhamos com as necessidades da escola naquele momento, sendo estas as aulas em que foi produzido o material que gerou os dados desta pesquisa, e vamos discuti-las em detalhes mais adiante. Com isso, trabalhamos com questões envolvendo reciclagem e temos duas vertentes principais no trabalho, metodologias ativas e o uso de tecnologias digitais, sem deixar de lado a abordagem investigativa.

A seguir, abordaremos em detalhes o projeto temático que norteou as investigações desta pesquisa, explicando seus objetivos, composição, principais características e a metodologia adotada em suas atividades.

1.2 Projeto “Ensino e aprendizagem de Matemática com calculadoras: possibilidades para a prática do professor

O projeto temático, que denominaremos de projeto Casio, aprovado no processo nº 3221/2021 - CCP - FUNDUNESP, surgiu por meio de um contato da Casio Produtos e Comércio Ltda com uma docente aposentada do PPGEM, que buscava pesquisadores da área

de Tecnologias Digitais para que pudessem investigar o modo como as calculadoras poderiam contribuir no processo de ensino e aprendizagem de Matemática, bem como questões envolvendo as práticas do professor que ensina Matemática. Baseado nisso, foi estabelecido um contato com o Grupo de Pesquisa em Informática, outras Mídias e Educação Matemática⁸ (GPIMEM) que logo iniciaram os trâmites para a elaboração do contrato de parceria de projeto e desenvolvimento, com a gestão administrativa da FUNDUNESP - Fundação para o Desenvolvimento da Unesp.

O objetivo desse projeto temático é investigar as possibilidades de usar calculadoras científicas e gráficas no ensino de Matemática na Educação Básica. Dessa forma, as pesquisas relacionadas a esse projeto visam contemplar procedimentos metodológicos que estimulem práticas na formação docente, assim como no processo de ensino e aprendizagem dos estudantes. Nesse cenário, procura-se destacar a relevância da abordagem investigativa e do pensamento crítico, explorando tanto os desafios quanto às potencialidades no uso de diversas estratégias pedagógicas, incluindo o emprego de tecnologias digitais, sem desconsiderar as limitações e os questionamentos que podem surgir ao longo do caminho.

Atualmente, a equipe que compõe o projeto Casio é formada por estudantes de Iniciação Científica da graduação da Unesp, mestrandos e doutorandas, vinculados ao PPGEM, duas pesquisadoras colaboradoras, uma professora que atua na Educação Básica, dois professores Especialistas em Currículo (PEC) e a coordenadora, a Professora Associada Sueli Liberatti Javaroni, orientadora da pesquisa de mestrado aqui descrita nesta dissertação. O projeto Casio atua nas Diretorias de Ensino (DE) de Bauru, Jaú, São Carlos, São José do Rio Preto e Tupã, fazendo também parcerias com professores vinculados a essas diretorias.

Com um membro em Jaú, um PEC em São Carlos e outro em São José do Rio Preto, pesquisadoras associadas que atuam como docente na Unesp, campus de São José do Rio Preto e de Tupã, temos a possibilidade de expandir as parcerias. Assim, conseguimos articular com outros professores, ampliando nossa rede de contato para o desenvolvimento das atividades planejadas nas pesquisas, atendendo tanto às demandas desses professores como a dos pesquisadores que atuam em nosso projeto

Nosso grupo se reúne quinzenalmente para discutir as propostas que são desenvolvidas com os professores parceiros e, durante os encontros, os membros também dedicam tempo para discutir suas pesquisas e textos em andamento, oferecendo sugestões para melhorias na escrita e contribuindo para a orientação coletiva do grupo. Além do mais, o grupo também mantém

⁸ Grupo de pesquisa do Departamento de Matemática da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP - campus de Rio Claro/SP.

diálogos com um representante da Casio para esclarecer dúvidas sobre os recursos das calculadoras utilizadas no projeto, como os modelos Casio fx-991LA CW e fx-CG505.

Essas discussões realizadas durante os encontros contribuíram para o planejamento e desenvolvimento de atividades e delineamento das propostas desenvolvidas ao longo dessa pesquisa. Depois de definir os objetivos e as etapas das atividades notou-se a importância da utilização de tutoriais, que já foram elaborados por membros do projeto, que explicassem o passo a passo para encontrar as funcionalidades e recursos das calculadoras utilizadas na pesquisa, a fim de observar como os alunos respondem às investigações propostas com as calculadoras, auxiliando também na elaboração de propostas futuras. Essas atividades são estruturadas de modo a incentivar a exploração, a formulação de hipóteses e a resolução de problemas de maneira crítica.

As ações do projeto Casio se fundamentam principalmente nas ideias defendidas por Ponte (2003; 2010) e Skovsmose (2000), especialmente no que diz respeito à abordagem investigativa no ensino da Matemática. De acordo com Ponte (2010), a investigação em Matemática não segue um percurso linear, mas envolve a formulação de questões que “evoluem à medida que o trabalho avança” (Ponte, 2010, p. 15). Esse processo investigativo também contempla a formulação e reformulação de conjecturas, a experimentação de diferentes abordagens, a validação dos resultados obtidos e a comunicação das conclusões alcançadas. Esses elementos contribuem para uma dinâmica de aprendizagem que incentiva o aluno a questionar, experimentar e refletir sobre suas próprias ideias, promovendo maior autonomia e compreensão dos conceitos matemáticos.

Complementando essa perspectiva, Skovsmose (2000) argumenta que o ensino investigativo se concretiza quando o professor propõe aos alunos a construção de significados a partir da exploração de situações abertas. Para o autor, “um cenário para investigação é aquele que convida os alunos a formularem questões e procurarem explicações. O convite é simbolizado pelo ‘O que acontece se...?’ do professor. O aceite dos alunos ao convite é simbolizado por seus ‘Sim, o que acontece se...?’” (Skovsmose, 2000, p. 6). Nesse ambiente, os alunos se envolvem ativamente no processo de exploração, assumindo responsabilidade pela construção do conhecimento. Skovsmose (2000, p. 7) ainda destaca que “o cenário somente torna-se um cenário para investigação se os alunos aceitam o convite”, evidenciando a centralidade da participação ativa e do engajamento dos estudantes nesse tipo de prática pedagógica.

No contexto do projeto temático Casio, busca-se utilizar esse dispositivo não como uma ferramenta para execução mecânica de cálculos, mas como um recurso que favoreça o

desenvolvimento da autonomia, da reflexão e da compreensão conceitual. Essa visão dialoga diretamente com as ideias de Ponte (2003, p. 11), que afirma: “uma preocupação fundamental [...] é a de dar ao aluno a responsabilidade de descobrir e de justificar as suas descobertas”. Para o autor, investigar é, essencialmente, “procurar conhecer, procurar compreender, procurar encontrar soluções para os problemas com que nos deparamos” (Ponte, 2003, p. 2).

Ponte (2003) também questiona a separação tradicional entre ensino e investigação, ao afirmar que:

Tradicionalmente, ensino e investigação são actividades distintas. O que o “investigador” descobre ou inventa, o professor, noutra tempo e noutra contexto, ensina aos seus alunos. Esta separação entre investigar e ensinar tem vindo a ser questionada, do mesmo modo que se tem vindo a pôr em causa a existência de uma separação incontornável entre investigar e aprender. Afinal, quem investiga está a procurar aprender e quem aprende pode ter muito interesse em investigar (Ponte, 2003, p. 1).

Isso sugere a importância de integrar práticas investigativas ao ensino como forma de promover aprendizagens significativas. Nesse sentido, entende-se por aprendizagem significativa aquela em que os alunos conectam o novo conhecimento ao que já sabem, de modo que o aprendido faça sentido para eles, visão alinhada à de Ausubel (1968), que será considerada ao longo desta dissertação. Além disso, a investigação, exige mais do que simples opiniões: “a investigação requer uma racionalidade muito diferente da simples opinião. Pressupõe, da parte de quem a realiza, um esforço de clareza nos conceitos, nos raciocínios e nos procedimentos. Pressupõe reflexão, debate e crítica aprofundada pela comunidade dos pares” (Ponte, 2003, p. 21).

Um exemplo de aplicação desses princípios pode ser observado no projeto Casio, caracterizado por ser um projeto “guarda-chuva”, ou seja, um projeto mais abrangente que engloba várias pesquisas, subprojetos e ações, com um objetivo em comum, que nesse caso é o uso de calculadoras como recurso pedagógico. Como já citado, contamos com vários integrantes, e cada um desenvolve uma pesquisa específica - em diferentes vertentes, metodologias, contextos e abordagens dentro da Educação Matemática. Apesar da variedade de temas, todos esses trabalhos se conectam pelo uso das calculadoras como recurso pedagógico, garantindo uma unidade ao projeto como um todo.

As pesquisas que são vinculadas a esse projeto temático discutem aspectos e temas variados, como: aplicação de sensores no ensino matemático; desenvolvimento com tecnologias, com foco nas calculadoras e inteligência artificial (IA); jogos e calculadora no desenvolvimento de operações algébricas; empreendedorismo; educação financeira e formação de professores. É importante destacar que as pesquisas apresentadas neste momento refletem a

configuração atual do grupo, correspondendo às investigações em andamento e aos colaboradores envolvidos neste período específico. Ressalta-se que, em anos anteriores, o grupo contou com outras pesquisas, incluindo Iniciação Científica, mestrado e doutorado com diferentes colaboradores. Dessa forma, as pesquisas possuem um caráter temporal, demonstrando a evolução e a dinâmica das linhas de investigação ao longo do tempo. Além das diferentes pesquisas desenvolvidas pelos membros do projeto, temos a proposta do trabalho aqui discutido, que foi desenvolvido diretamente na sala de aula, por meio de uma parceria com a professora de Química de uma escola pública estadual, localizada na cidade de São Carlos, onde foi desenvolvido um protótipo com alunos do Ensino Médio. Diante disso, podemos dizer que o projeto Casio abrange diferentes níveis de ensino, desde a Educação Básica até o Ensino Superior, contemplando tanto a formação inicial quanto a formação continuada de professores de Matemática.

Um dos fatores que foram facilitados por conta da participação no projeto Casio é que houve a possibilidade de ter o auxílio da doutoranda, Profa. Me. Franciele⁹ Santos Teixeira, durante a produção de dados vinculados a essa pesquisa. Essa colaboração foi fundamental para que a dinâmica escolhida para a organização e desenvolvimento das atividades acontecesse de modo satisfatório, já que no processo de produção de dados optamos por desenvolver a pesquisa na sala de aula, dividindo os alunos em subprojetos diferentes, os quais serão apresentados na seção 4, sobre os procedimentos metodológicos. Outra possibilidade viabilizada pelo projeto é o fácil acesso aos kits de calculadoras que podem ser usados durante as atividades desenvolvidas pelos integrantes do grupo em suas pesquisas.

Contextualizado o projeto, seu objetivo e suas principais características, apresentamos a seguir a forma como esta pesquisa está estruturada.

1.3 Organização da dissertação

Após compartilhar minha trajetória e de onde surgiu o interesse de pesquisar o tema proposto nesta pesquisa e além de apresentar o contexto do projeto Casio, apresento a estrutura da dissertação, com o intuito de situar o leitor sobre os temas que serão abordados nas partes seguintes. Na seção 2, apresento um panorama de estudos produzidos no campo da Educação Matemática, com ênfase no contexto brasileiro, por meio de um levantamento bibliográfico,

⁹ Para as discussões a respeito das etapas e desenvolvimento da eletiva, podemos destacar a colaboração com a doutoranda Franciele, também membro do projeto Casio. Ela contribuiu tanto para o desenvolvimento do projeto sob sua responsabilidade, a calculadora ecológica e discussões sobre a eletiva, quanto com sua visão sobre como estava sendo realizado o desenvolvimento do grupo da extrusora.

buscando também destacar a importância desta investigação e como o tema estudado dialoga com os documentos educacionais.

Na seção 3, abordo o referencial teórico e discuto temas centrais para o desenvolvimento desta pesquisa. Entre eles, destaco o contraste entre práticas pedagógicas tradicionais e metodologias ativas, com ênfase em propostas como a Aprendizagem Baseada em Projetos, a Cultura *Maker* e a abordagem STEM. Também exploro conceitos ligados à sustentabilidade, especialmente os 3R's - Reduzir, Reutilizar e Reciclar -, com foco na reutilização do plástico PET. Por fim, trago elementos essenciais para contextualizar o leitor quanto ao cenário educacional em que esta investigação se insere, como o Programa de Ensino Integral (PEI), a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e o Currículo Paulista.

Na seção 4, discuto a minha perspectiva de pesquisa qualitativa e os procedimentos metodológicos adotados, como se deu a parceria com a Professora Bárbara¹⁰, os projetos elaborados durante o semestre letivo e a utilização do laboratório *maker* como espaço das aulas. Apresento quem são os participantes da pesquisa, como foram delineadas as propostas e o que aconteceu em cada uma das aulas, a organização dos dados para análise, bem como o movimento realizado por mim para identificar os temas emergentes.

Na seção 5, apresento a análise dos dados, estruturando-os a partir dos temas emergentes identificados ao longo da pesquisa. Em particular, foco no "Desenvolvimento de habilidades e competências", "Conexões entre áreas do conhecimento", "Uso de tecnologias no projeto" e "Desafios e soluções encontradas", com o objetivo de estabelecer um diálogo entre o referencial teórico apresentado, os dados produzidos e minhas próprias interpretações sobre os acontecimentos observados. Além disso, examino como as abordagens da Cultura *Maker* e do STEM se complementam e se fortaleceram ao longo da pesquisa, contribuindo para uma compreensão mais ampla dos processos de aprendizagem e das dinâmicas envolvidas. Esta análise busca não apenas refletir sobre os dados, mas também destacar as conexões significativas entre as áreas do conhecimento envolvidas, ampliando a compreensão do que foi abordado ao longo da pesquisa e como isso se relaciona com as questões centrais levantadas.

Nas considerações finais, busco aprofundar as reflexões a partir das interpretações que fiz com base nas observações realizadas ao longo da pesquisa. Nessa seção, apresento um posicionamento crítico, articulando as descobertas e experiências observadas com a lente teórica que sustentou o desenvolvimento do estudo, de modo a trazer uma análise mais abrangente sobre os resultados e suas implicações para o campo em questão.

¹⁰ Professora Bárbara é docente de Química na escola onde ocorreu a produção de dados da dissertação, tendo atuado como parceira na condução da disciplina eletiva.

2. REVISÃO DE PESQUISAS EM EDUCAÇÃO: CULTURA MAKER E ABORDAGEM STEM NO ENSINO MÉDIO

Nesta pesquisa evidenciamos nosso interesse em explorar a interação da Cultura *Maker* e da abordagem STEM, enfatizando o uso de metodologias ativas e tecnologias digitais de modo crítico e reflexivo ao buscar pesquisar outras possibilidades para além dos modelos tradicionais de ensino e aprendizagem. Nesta seção apresentamos como essas abordagens estão sendo tratadas nas pesquisas acadêmicas dentro do contexto escolar.

Com o intuito de compreender o que tem sido produzido na área da Educação¹¹ e situar a contribuição desta investigação, realizamos uma busca por trabalhos que dialogam com os eixos centrais da pesquisa. Essa etapa é fundamental para construir um referencial teórico consistente e identificar como esta pesquisa pode se diferenciar e dialogar com estudos já existentes.

Segundo Araújo e Borba (2023), ainda que não exista um roteiro fixo para a construção de uma revisão de literatura, é essencial que o pesquisador busque evidenciar a contribuição de sua investigação, evitando reproduzir estudos já existentes. Para os autores, a revisão deve articular diferentes procedimentos e múltiplos focos, mas sempre mantendo como meta a originalidade e a relevância da pesquisa.

Baseado nisso, em 2024 realizamos um levantamento bibliográfico com ênfase nos temas centrais da pesquisa: Cultura *Maker*, abordagem STEM e Ensino Médio. A seguir detalhamos esse processo, os critérios de seleção de fontes e as pesquisas que selecionamos para, então, trazer nosso posicionamento dentro do panorama da literatura acadêmica, destacando a relevância dessa pesquisa no campo da Educação Matemática e das práticas pedagógicas.

2.1 Como a busca foi realizada?

O levantamento bibliográfico foi realizado por meio do Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) que é caracterizada por ser uma base de dados que reúne produções acadêmicas de programas de pós-graduação de diferentes instituições do Brasil. A escolha para a base de dados foi feita por

¹¹ No levantamento bibliográfico, considera-se a área da Educação em geral, visto que muitos dos trabalhos encontrados foram desenvolvidos em outras áreas, como Física, Ciências e Tecnologias, e não apenas na Educação Matemática.

conta de tratar de um repositório oficial e confiável de dissertações e teses que apresentam o panorama da produção científica no Brasil sobre as temáticas abordadas nesta pesquisa.

De início foi realizada uma busca com os descritores “Cultura *Maker*” e “STEM”, de forma separada e conjunta, sem definir uma etapa de ensino. Porém, os resultados encontrados, além da grande quantidade de trabalhos, se mostraram amplos demais, abrangendo contextos variados, como o ensino superior, a formação de professores, áreas da saúde, engenharia, entre outros campos que destoam do foco desta dissertação, como é mostrado no Quadro 1 abaixo:

Quadro 1: Resultado da primeira busca realizada no Catálogo da CAPES

Descritores	Profissionalizante	Mestrado	Mestrado profissional	Doutorado	Doutorado profissional	total
“Cultura <i>Maker</i> ”	2	1838	624	987	5	3490
“STEM”	4	2596	253	1703	3	4559
“Cultura <i>Maker</i> ” e “STEM”	-	6	3	12	-	21

Fonte: autoria própria

Devido à grande quantidade de trabalhos encontrados inicialmente, optamos por refinar os descritores de busca, acrescentando o termo “Ensino Médio”. Essa escolha teve como objetivo direcionar os resultados para pesquisas que dialogam diretamente com a mesma etapa de ensino com a qual trabalhamos em nossa investigação. Com isso, os descritores utilizados foram: “Cultura *Maker*” AND “Ensino Médio” e “STEM” AND “Ensino Médio”. Essa delimitação permitiu restringir os resultados a trabalhos mais próximos da proposta desta pesquisa, buscando compreender como experiências com metodologias ativas, *Cultura Maker* e abordagem STEM têm sido realizadas com alunos do Ensino Médio no contexto escolar. O resultado dessa nova busca está apresentado no Quadro 2 a seguir:

Quadro 2: Resultado da busca realizada no Catálogo da CAPES

Descritores	Mestrado	Mestrado profissional	Doutorado	Total
“Cultura <i>Maker</i> ” e “Ensino Médio”	6	10	1	17
“STEM” e “Ensino Médio”	10	5	4	19

Fonte: autoria própria

A partir desses resultados, identificamos a necessidade de estabelecer critérios de seleção para as pesquisas, já que a busca resultou em produtos educacionais ou em pesquisas que não foram realizadas na sala de aula. Com isso, elencamos como novos critérios de seleção para as pesquisas: (I) pesquisas desenvolvidas com estudantes do Ensino Médio; (II) pertencentes à área de Educação ou Educação Matemática; (III) que analisem de maneira central a interação da Cultura *Maker* e/ou STEM nas práticas pedagógicas; e (IV) ter ou não um produto educacional como resultado. A seleção dos trabalhos foi feita a partir da leitura na íntegra dos trabalhos selecionados.

Em relação à busca realizada com os descritores “Cultura *Maker*” e “Ensino Médio” destacamos as seguintes pesquisas mostradas no Quadro 3 a seguir:

Quadro 3: Pesquisas relacionadas aos descritores "Cultura Maker" e "Ensino Médio" no Catálogo da CAPES

Ano	Autor	Título	Tipo	Programa de origem
2019	Bazan, Eros João Damasceno	Robótica Educacional no Ensino de Física para o Ensino Médio via Aprendizagem Ativa	Mestrado profissional	Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais da Universidade Federal de Mato Grosso
2020	Araujo, Amilson	Cultura <i>Maker</i> e Robótica Educacional no Ensino de Física: Desenvolvendo um semáforo automatizado no Ensino Médio	Mestrado profissional	Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIM) da Universidade Federal de Alagoas
2021	Melo Neto, Francisco das Chagas	A Cultura <i>Maker</i> no Ensino de Matemática: Uma via para aprendizagem da trigonometria a partir da resolução de problemas	Mestrado profissional	Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional (PROFMAT) da Universidade Estadual do Maranhão
2021	Cascaes, Nilcecleide da Silva	Cultura <i>Maker</i> Digital e o Desenvolvimento de Habilidades Socioemocionais no Aprendizado de	Mestrado	Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal

		Matemática		do Amazonas
2021	Gonçalves, Diangelo Crisostomo	O Ensino de Física: Um olhar para a Educação <i>Maker</i>	Mestrado profissional	Programa de Pós- graduação em Ensino de Ciências da Universidade Estadual de Goiás

Fonte: autoria própria

Para os descritores “STEM” e “Ensino Médio” selecionamos as seguintes pesquisas mostradas no Quadro 4 a seguir:

Quadro 4: Pesquisas relacionadas aos descritores “STEM” e “Ensino Médio” no Catálogo da CAPES

Ano	Autor	Título	Tipo	Programa de origem
2020	Campos, Jakeline	Abordagem STEM: O desafio do seu planejamento e implementação na educação profissional de Ensino Médio	Mestrado	Programa de Pós-graduação Stricto Sensu Mestrado em Ensino, da Universidade do Vale do Taquari
2022	Silva, Silvio Oliveira Costa	Construção de um tubo de kundt controlado por arduino para o ensino de ondas estacionárias	Mestrado profissional	Programa de Pós-graduação da Universidade Federal de Sergipe no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF)
2022	Santos, Hyan da Silva Cardoso dos	Desenvolvimento do Pensamento Computacional através de Robótica Educacional no Ensino de Matemática	Mestrado	Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências, da Universidade Estadual de Santa Cruz
2023	Silva, Ednea Brito da	Potencialidades e desafios das tecnologias digitais no estudo das relações trigonométricas no triângulo retângulo com aplicações da educação STEM por meio de uma sequência didática	Mestrado	Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Luterana do Brasil

Fonte: autoria própria

A seguir, apresentamos um panorama das pesquisas selecionadas, de modo a evidenciar lacunas, contribuições e o posicionamento destes estudos no cenário atual da pesquisa em Educação.

2.2 O que dizem as pesquisas brasileiras? E como esta pesquisa se faz relevante nesse cenário?

Nos últimos anos, a *Cultura Maker* e a abordagem STEM vêm ganhando relevância nas pesquisas em Educação como forma de responder aos desafios contemporâneos da aprendizagem escolar. Ambas as propostas apontam para um ensino mais ativo, interdisciplinar e conectado às tecnologias digitais, promovendo o protagonismo estudantil, o pensamento crítico e o desenvolvimento de competências do século XXI. Neste panorama, selecionamos

nove dissertações de mestrado que investigam experiências com Cultura *Maker* e/ou abordagem STEM em contextos escolares, particularmente nas áreas de Matemática e Ciências da Natureza durante o Ensino Médio.

Neste caminho, na pesquisa intitulada, “Robótica Educacional no Ensino de Física para o Ensino Médio via Aprendizagem Ativa”, Bazan (2019, p. 2) assume a aprendizagem ativa como eixo central da proposta, como um “método que requer engajamento dos alunos durante o processo de ensino aprendizagem”. Para isso, o autor utiliza do cone da aprendizagem de Dale¹² para justificar o uso de metodologias ativas, que coloquem o aluno como protagonista com o intuito de fazer com que eles deixem de ser considerados passivos e passem a ser vistos como ativos. Essa ideia foi desenvolvida por Edgar Dale, ilustrando como diferentes tipos de experiências de aprendizagem afetam a retenção de informações. Em suma, o cone propõe que experiências mais concretas e interativas resultam em maior retenção de conhecimento.

Como objetivo de pesquisa, Bazan (2019, p. 58) destaca: “contribuir para a formação de cidadãos críticos e reflexivos, propiciando discussões e situações relacionando com os conteúdos de Física e Matemática ministrados em sala de aula com as tecnologias do mundo moderno”. Para atingir o objetivo elencado, na produção de dados Bazan (2019) promoveu uma oficina de robótica em uma escola pública estadual do Mato Grosso, realizada em 2018, contando com quinze alunos da 2ª série do Ensino Médio, com o intuito de desenvolver habilidades cognitivas e técnicas por meio da criação de projetos com Arduino e impressoras 3D. Durante as atividades, o autor utilizou algumas técnicas de Aprendizagem Ativa, como: Aprendizagem Baseada em Problemas, Aprendizagem Baseada em Casos, Aprendizagem entre pares, entre outras. Foi evidenciado que “os alunos aprenderam algoritmos para resolução de problemas de Física, construíram modelos de máquinas mecânicas e autônomas, criaram e desenvolveram projetos de robótica” (Bazan, 2019, p. 3).

Durante a oficina, Bazan (2019) dividiu os quinze alunos em quatro grupos, um composto por três estudantes e outros três por quatro estudantes, sendo que cada um dos grupos ficou responsável pela construção de um protótipo. De acordo com Bazan (2019, p. 20), os projetos desenvolvidos por cada grupo foram:

Grupo A buscou desenvolver um projeto com referência ao filme “Wall-E”, utilizando blocos do tipo Lego, um Arduino, uma controladora de motores Shields L298 e um sensor de obstáculos ultrassônico HSR04. Grupo B demonstrou interesse em desenvolver um sistema de automação residencial de controle de lâmpadas utilizando um módulo Bluetooth ou um Ethernet Shields. Grupo C propôs desenvolver

¹² É um modelo que ilustra como diferentes métodos de aprendizagem se relacionam com a retenção de informações. Ele sugere que quanto mais concreta e interativa é a experiência, maior tende a ser o nível de retenção do conhecimento.

um trator autônomo feito em impressora 3D baseado em uma cena do filme Interestelar. O Grupo D propôs desenvolver um veículo marítimo ou aéreo de locomoção direta de pessoas ou cargas via remota utilizando módulo de GPS.

Bazan (2019) afirma que os estudantes que foram submetidos às técnicas da Aprendizagem Ativa apresentaram desempenho superior nas avaliações em relação aos que participaram de aulas no modelo tradicional¹³. O autor destaca que essa abordagem busca levar o aluno a desenvolver habilidades e compreender conceitos de forma autônoma, enquanto o professor atua como mediador e facilitador do processo de ensino e aprendizagem. Em sua conclusão, Bazan (2019) evidencia os benefícios vislumbrados por ele durante o desenvolvimento dos protótipos, relatando a importância que o pensamento computacional, Cultura *Maker*, robótica e exposição científica contribuíram para a aprendizagem ativa, ajudando os alunos a compreenderem os conteúdos de Física e Matemática usados durante os encontros.

Na pesquisa de Araujo (2020), intitulada “Cultura *Maker* e Robótica Educacional no Ensino de Física: desenvolvendo um semáforo automatizado no Ensino Médio”, o autor reforça a potência dos projetos interdisciplinares entre Física e Matemática com uso de robótica educacional. A pergunta de pesquisa que emergiu durante seus estudos é “quais são as potencialidades dos projetos de robótica para o ensino de conceitos de Física e Matemática?” (Araujo, 2020, p. 8). Com o intuito de explorar a robótica educacional no ensino de Física e Matemática, Araujo (2020) propôs o desenvolvimento de um projeto que utilizasse essa tecnologia para ensinar conceitos dessas áreas e realizar a análise do projeto elaborado, considerando seus limites e possibilidades.

Em sua pesquisa, o autor aborda algumas potencialidades da utilização da Cultura *Maker* como metodologia. Para o autor, esse uso “promove uma interação e participação dos mesmos, que passam a associar os conceitos básicos abordados em sala de aula, e mesmo no dia a dia, com o material produzido, que tem caráter tecnológico” (Araujo, 2020, p. 13). Para fortalecer sua defesa para o uso da Cultura *Maker*, Araujo (2020) enfatiza a importância de se trabalhar com metodologias diferenciadas das que normalmente utilizamos nas salas de aula, isto é, das aulas tradicionais, já que cada aluno tem um ritmo e estilo de aprendizado diferenciado. Segundo o autor,

A Cultura *Maker* favorece a percepção de uma nova maneira de ensinar e aprender, é uma mudança que promove uma quebra nos paradigmas que norteiam a educação,

¹³ Aulas tradicionais referem-se a práticas de ensino em que o professor assume o papel central da explicação e os estudantes têm participação mais passiva, focando na transmissão de conteúdos. O tema será discutido mais detalhadamente ao longo do texto.

não trata-se apenas de ensinar, mas criar meios para que cada estudante produza seu aprendizado, sua construção intelectual e cognitiva (Araujo, 2020, p. 15).

Para produzir seus dados, Araujo (2020) selecionou trinta alunos que participaram das olimpíadas brasileiras de Matemática, do ano em questão e de anteriores. A pesquisa foi realizada em uma escola pública de Alagoas, envolvendo estudantes das três séries do Ensino Médio. A experiência prática consistiu na construção de um semáforo automatizado, utilizando kits de robótica e programação de microcontroladores. De acordo com Araujo (2020), esse trabalho favoreceu o protagonismo dos estudantes e o desenvolvimento de competências como autonomia, criatividade e colaboração. O autor argumenta que a robótica educacional, inserida de forma contextualizada, “favorece o trabalho em grupo e a motivação dos sujeitos envolvidos” (Araujo, 2020, p. 7), promovendo aprendizagens que extrapolam os conteúdos escolares.

Em sua conclusão, Araujo (2020, p. 52) relata que “a contextualização das aulas por meio de projetos de robótica, tornam as aulas motivadoras, envolventes e aproximam os sujeitos de um fazer científico”, e complementa com a ideia de que mesmo sendo pouco usado nas escolas, a *Cultura Maker* é um recurso valioso e promissor para a educação, já que desperta a curiosidade e a criatividade dos alunos.

Já na perspectiva STEM, o trabalho de Campos (2020), intitulado “Abordagem STEM: o desafio do seu planejamento e implementação na educação profissional de Ensino Médio”, analisa a aplicação da abordagem STEM em um curso técnico integrado ao Ensino Médio. O estudo envolveu a criação de uma situação de aprendizagem interdisciplinar chamada “O Mundo do Trabalho na Indústria”, com o uso de Arduino, visitas técnicas em uma usina hidrelétrica e atividades práticas que buscavam propor soluções para problemas reais. A autora destaca que “a educação STEM visa promover a inclusão social do aluno e no mercado de trabalho, atendendo às demandas sobre o fortalecimento econômico de forma competitiva, ao mesmo tempo que busca despertar o interesse dos alunos pelas áreas de tecnologia e engenharia” (Campos, 2020, p. 31).

A autora traz duas questões que nortearam sua pesquisa, sendo elas:

De que forma a resolução de situações problema numa perspectiva STEM contribui para criar oportunidades de interação entre os saberes teóricos e a prática? E como auxilia no desenvolvimento de competências que se esperam necessárias para a inserção no mundo profissional? (Campos, 2020, p. 18).

Para responder essas perguntas foi feita a construção de cinco protótipos com vinte e cinco alunos da 1ª série do Ensino Médio que cursavam concomitantemente técnico em eletrotécnica. De acordo com a autora,

Foram planejadas aulas com propósito de incentivar os alunos a resolver problemas relacionados com o tema Mundo do Trabalho na Indústria de forma criativa e inovadora envolvendo também a abordagem STEM. O planejamento das atividades propostas aos alunos visava demonstrações, pesquisas, experimentos e apresentação de projetos em um contexto concreto e prático (Campos, 2020, p. 67).

Esse projeto teve duração de um semestre com encontros semanais, e em um desses encontros eles fizeram uma visita técnica para entender o funcionamento e os problemas que tinham em uma usina, para que depois, divididos em grupos, projetassem e construíssem protótipos que solucionassem ou minimizassem, os problemas identificados. Os projetos desenvolvidos foram, de acordo com Campos (2020, p. 73-74):

- Planta de um sistema de geração de energia a partir de um gerador eólico;
- Sensor de estacionamento para atendimento à Indústria;
- Braço pneumático controlado por Arduino;
- Biodigestor automatizado para tratamento do esgoto da Usina Randon II e
- Sustentabilidade - economia de água e energia elétrica.

Em sua conclusão, Campos (2020, p. 125-126) explica que:

Percebeu-se através da implementação da abordagem STEM a contribuição para a interlocução entre as áreas do conhecimento, favorecendo o ensino das Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática de forma integrada, ao mesmo tempo que o aluno se torna protagonista do próprio processo de aprendizagem.

Além disso, a autora traz que a “abordagem STEM ampara a união de recursos tecnológicos e as metodologias ativas para desenvolvimento de projetos reais” (Campos, 2020, p. 126). Apesar das potencialidades vislumbradas pelo uso dessa abordagem, Campos (2020) também problematiza as dificuldades enfrentadas pelos professores no planejamento de práticas STEM, apontando a necessidade de formação continuada, tempo para o trabalho coletivo e superação da segmentação disciplinar, reforçando que, para que a abordagem funcione, é preciso superar o isolamento entre as áreas e garantir condições para práticas interdisciplinares e integradas à realidade dos alunos.

A pesquisa intitulada “A Cultura *Maker* no Ensino de Matemática: uma via para aprendizagem de trigonometria a partir da resolução de problemas”, de Melo Neto (2021), faz uso da aprendizagem ativa com foco em um conteúdo matemático específico. A questão norteadora da pesquisa é: “qual a importância de utilizar a Cultura *Maker* alinhada à BNCC no ensino da Matemática em escolas da rede pública de ensino do Estado do Maranhão?” (Melo Neto, 2021, p. 11). Tal pergunta surgiu a partir do interesse em entender a dificuldade em ensinar e aprender Matemática, sendo “necessário criar formas de inovar o ensino, mostrando a real importância da Matemática para a vida humana, no caso desta pesquisa, a importância da

trigonometria para o cotidiano dos alunos” (Melo Neto, 2021, p. 9). Nesse sentido, para o autor, a Cultura *Maker* pode ser uma possível via de aprendizagem. Segundo ele:

Um dos grandes desafios para os professores de Matemática é a dificuldade em relacionar determinados conteúdos com a prática do dia a dia. A Cultura *Maker* surge como uma opção interessante para solucionar o desinteresse e a falta de engajamento por parte dos alunos. Esse movimento pode aproximar a teoria da prática e trabalhar a interdisciplinaridade. Nesse caso o educando pode aprender de maneira criativa (Melo Neto, 2021, p. 16).

Ele defende que a Cultura *Maker* “é um movimento de mudança de mentalidade das pessoas. Pode-se até entender como estilo de vida. As pessoas passam a pensar numa forma de consumo sustentável. O compartilhamento de ideias faz parte do movimento” (Melo Neto, 2021, p. 18) que faz com que o aluno aprenda a aprender. E para dar suporte a sua ideia, o autor desenvolveu, com 70 estudantes da 2ª série do Ensino Médio, a construção de um teodolito artesanal para medição da altura de um reservatório, conectando teoria e prática em um problema real. Melo Neto (2021) afirma que a atividade proporcionou aos estudantes a oportunidade de trabalharem de forma colaborativa em um mesmo projeto, além de promover maior engajamento e protagonismo nas aulas.

Os dados produzidos indicaram uma avaliação positiva por parte dos estudantes: “78,6% responderam que ‘a aula ideal para minha melhor aprendizagem’” (Melo Neto, 2021, p. 54) se relacionava à proposta prática baseada na Cultura *Maker*. Isso sugere que atividades práticas e colaborativas têm forte impacto na motivação e no desempenho dos alunos. O autor também denuncia a distância entre teoria e prática nas aulas de Matemática e argumenta que “nem o professor tem a resposta para esse questionamento do aluno” (Melo Neto, 2021, p. 10) sobre a utilidade dos conteúdos.

Em sua conclusão, Melo Neto (2021, p. 56) defende o uso da Cultura *Maker* no ensino da Matemática, argumentando que essa metodologia “possibilitou aos estudantes a chance de: investigar, observar, analisar e delinear deduções experimentando-as na resolução de problemas, construindo uma perspectiva vasta e científica da realidade” mas, para ele, esse uso exige cautela, pois ainda há muitas transformações necessárias na forma como concebemos o ensino, especialmente diante do contraste entre as realidades das salas de aula e o chamado mundo ideal (Melo Neto, 2021).

A dissertação de Cascaes (2021), intitulada “Cultura *Maker* digital e o desenvolvimento das habilidades socioemocionais no aprendizado de Matemática”, amplia o escopo ao explorar a relação entre Cultura *Maker* e o desenvolvimento de habilidades socioemocionais. A autora fundamenta-se no Construcionismo de Papert e desenvolve sua investigação em uma escola

pública de Manaus, utilizando ambientes não formais, como o Museu da Amazônia (MUSA), e tecnologias como Arduino e programação em blocos. Para ela:

Existem várias teorias de aprendizagem que se podem usar em sala de aula, porém adequá-las ao século XXI e seus desafios na escola, têm sido alvo de vários estudos na sociedade contemporânea. A busca pela compreensão da aprendizagem e como melhorá-la deve-se considerar o mundo e os fatores sociais nos quais o indivíduo está inserido. É importante chamar a atenção que não basta “desenfileirar” as carteiras e colocar móveis coloridos, puffs e computadores, é preciso se repensar a relação ensino e aprendizagem sob novos parâmetros (Cascaes, 2021, p. 24).

Com isso, ela defende a ideia do construcionismo, trazendo cinco dimensões¹⁴, elucidadas por Papert, como sendo a base para a apropriação do conhecimento, sendo elas: dimensão pragmática, sintônica, sintática, semântica e social (Cascaes, 2021). Além dessas dimensões, a autora cita o aspecto afetivo, fazendo com que o estudante assimile melhor o objeto em questão. Considerando esses pontos, Cascaes (2021) defende a Cultura *Maker* como um novo parâmetro para a Educação, já que ela proporciona uma autonomia aos estudantes e defende a experimentação no processo de ensino e aprendizagem.

Para Cascaes (2021), o objetivo de sua pesquisa é “analisar a Cultura *Maker* como estratégia para o desenvolvimento socioemocional na aprendizagem Matemática para a construção do pensamento crítico do cidadão e da cidadã” (Cascaes, 2021, p. 43). Para isso, foram desenvolvidos dois projetos com doze alunos da 1ª série do Ensino Médio. Os alunos foram divididos em dois grupos, o primeiro ficou responsável pela construção de uma mini estação meteorológica e o segundo por um carrinho que media a altitude de um terreno com elevações. A construção desses protótipos foi decidida depois de uma visita ao MUSA, na qual a autora buscou “compreender a construção do pensamento matemático sob uma perspectiva socioemocional” (Cascaes, 2021, p. 42).

Cascaes (2021) relata que os resultados obtidos evidenciaram a importância de desenvolver habilidades socioemocionais e confirmaram que a inserção da Cultura *Maker* no contexto e na realidade dos estudantes possibilita uma aprendizagem Matemática significativa.

¹⁴ **Dimensão pragmática:** O aprendiz em contato com o objeto concreto, ou útil para a construção de conceitos novos;

Dimensão sintônica: A construção de objetos contextualizados potencializando os conceitos que devem ser trabalhados.

Dimensão sintática: refere-se à facilidade que o aprendiz tem de acessar e manipular os elementos de aprendizagem, e progredir de acordo com o desenvolvimento cognitivo.

Dimensão semântica: a necessidade de o aprendiz manipular e adquirir significado com algo que faça sentido para ele.

Dimensão social: trata-se da relação que o aprendiz tem com a atividade de trabalho e com ambiente onde o aprendiz está inserido. Pois a meta é criar um ambiente onde se utilize materiais valorizados em sua cultura. (Cascaes, 2021, p. 27).

Esse cenário sugere que, mesmo diante de desafios, como a falta de recursos, é possível promover experiências educacionais enriquecedoras.

De acordo com Cascaes (2021), apesar de dificuldades estruturais e de acesso à tecnologia, os alunos participaram ativamente das atividades, demonstrando engajamento, resiliência e motivação para aprender em contraturno escolar e de forma voluntária. Essa participação ativa revela que o envolvimento dos estudantes pode acontecer mesmo em contextos adversos, desde que haja espaço para expressão e criatividade. Nesse sentido, Cascaes (2021, p. 86) afirma que:

Mesmo sem possuir infraestrutura necessária, podemos adaptar outros espaços, desde a sala de aula comum até a sombra de uma árvore no pátio, para desenvolver de modo organizado e devidamente planejado, metodologias ativas com engajamento dos estudantes em atividades dinâmicas presenciais e/ou remotas.

Além disso, a autora destaca a importância do desenvolvimento socioemocional no processo de ensino e aprendizagem. Segundo Cascaes (2021, p. 87),

A análise sobre as habilidades socioemocionais mostrou que podemos identificar e desenvolver certas habilidades que impactam diretamente na aprendizagem da disciplina de Matemática, inclusive sem que o aluno se dê conta que está estudando, tendo em vista o seu engajamento em solucionar problemas.

Para que esse processo ocorra de forma eficaz, é essencial um planejamento pedagógico intencional. Como pontua Cascaes (2021, p. 88),

Para atingir bons resultados e ganhos de aprendizagem devemos organizar cada atividade com metas objetivas e claras do que se deseja atingir, que habilidades serão mais requeridas, que conteúdo curricular se deseja abordar e sobretudo que a interferência do docente deve ser frequente e constante em cada encontro, sempre no sentido de instigar os estudantes por meio de questionamentos não apenas para solucionar problemas, mas sobretudo para formular questões que desencadeia um processo investigativo.

A dissertação de Gonçalves (2021), intitulada “O ensino de Física: um olhar para a educação *maker*”, fundamenta-se na perspectiva da mediação docente como chave para uma prática pedagógica envolvente e significativa. O autor defende que a educação *maker* é capaz de "alinhar a educação escolar com uma estratégia de ensino prático tendo como suporte as ferramentas tecnológicas" (Gonçalves, 2021, p. 149). Sua proposta baseia-se em uma metodologia de pesquisa participante, realizada com turmas do Ensino Médio de uma escola pública em Goiás, em que os alunos desenvolveram protótipos, físicos ou digitais, como forma de representar e resolver problemas reais, relacionados ao conteúdo de Física.

O estudo foi realizado com 504 alunos, sendo divididos em 172 da 1ª série e 332 da 3ª série do Ensino Médio. Durante a pesquisa foram produzidos noventa e quatro protótipos, sendo

eles: 71 experimentos, 12 maquetes, quatro robôs, três aplicativos, três jogos e um blog, com o intuito de resolverem problemas de Física identificados durante as aulas.

Seu objetivo foi “investigar quais as contribuições da inserção da Cultura *Maker* no ensino de Física orientada pela Aprendizagem Baseada em Projetos, visando à participação ativa e autônoma dos alunos” (Gonçalves, 2021, p. 18). E, ao longo da pesquisa, ficou evidente para o autor que a Cultura *Maker* possibilitou o desenvolvimento de competências como criatividade, protagonismo, colaboração e pensamento crítico. Gonçalves (2021, p. 18) relata que os alunos “desenvolveram suas trilhas pedagógicas (atividades) com o auxílio de diversas ferramentas digitais e manuais e orientações do professor mediador (pesquisador)”. A mediação do professor foi apontada como essencial, e ele deve assumir uma postura de coaprendiz, pois os alunos necessitam de apoio para desenvolver suas capacidades criativas e alcançar todo o seu potencial (Gonçalves, 2021).

Voltando para as pesquisas que tratam especificamente da abordagem STEM, destaca-se a dissertação de Silva (2022), intitulada “Construção de um tubo de Kundt controlado por Arduino para o ensino de ondas estacionárias”. Nessa pesquisa, o autor desenvolve e aplica um experimento de baixo custo utilizando o Arduino, voltado ao ensino de acústica e, mais especificamente, ao fenômeno das ondas estacionárias. A proposta visou integrar Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática de forma articulada, tornando o processo de aprendizagem mais dinâmico e contextualizado.

O objetivo do trabalho, conforme afirma o autor, foi

Apresentar uma proposta para o ensino de ondas estacionárias através da experimentação com o tubo de Kundt e da tecnologia Arduino, ancorada em uma aprendizagem colaborativa e construtivista que propicie um ensino de Física mais atraente e eficaz, aproximando-se das diretrizes do Ensino Médio (Silva, 2022, p. 3).

Para atingir esse propósito, Silva (2022) propôs um protótipo educacional que alia a experimentação científica à linguagem tecnológica do Arduino, explorando o potencial da abordagem STEM para tornar o ensino mais envolvente e significativo, segundo o autor.

A proposta pedagógica está fundamentada na aprendizagem por investigação, permitindo que os estudantes interajam diretamente com o experimento e explorem conceitos físicos por meio da prática. Essa dinâmica é sustentada pela teoria sociointeracionista de Vygotsky, que valoriza a mediação social no processo de construção do conhecimento. Assim, o experimento não é apresentado como um fim em si mesmo, mas como um meio de fomentar o pensamento crítico, a colaboração e o protagonismo dos alunos.

A aplicação do projeto ocorreu com 22 estudantes da 2ª série do Ensino Médio em uma escola da Bahia, sendo o conteúdo de ondas estacionárias parte integrante do currículo dessa etapa escolar. O autor destaca os impactos positivos da proposta em comparação com abordagens mais tradicionais, afirmando que “a sequência didática desperta um maior engajamento e satisfação dos conhecimentos de Física abordados frente aos métodos tradicionais de ensino” (Silva, 2022, p. 62). Essa percepção, para o autor, reforça a importância de metodologias ativas que coloquem o aluno no centro do processo de aprendizagem.

Ao final de sua pesquisa, Silva (2022) conclui que a combinação entre experimentação prática e o uso de tecnologias digitais contribui significativamente para a compreensão de conceitos abstratos, além de fortalecer a mediação social do conhecimento em sala de aula. A proposta, além de promover um ambiente de aprendizagem interativo, mostrou-se eficaz na construção de saberes significativos ao integrar teoria, prática e tecnologia de forma articulada.

A pesquisa desenvolvida por Santos (2022), intitulada “Desenvolvimento do Pensamento Computacional através de Robótica Educacional no Ensino de Matemática”, investiga como a robótica educacional pode se tornar uma via eficaz para o desenvolvimento do pensamento computacional, aliado ao ensino de conteúdos matemáticos. A partir de uma abordagem qualitativa, o estudo busca analisar as potencialidades dessa interação no contexto da Educação Básica, com foco em práticas que unem teoria e aplicação concreta.

O objetivo da pesquisa foi, conforme o autor explicita,

Compreender o desenvolvimento do Pensamento Computacional através das habilidades expressas em uma intervenção de ensino, para promover a construção de conceitos matemáticos em atividades de robótica educacional baseadas no software Scratch associado à prototipagem em Arduino para alunos da Educação Básica (Santos, 2022, p. 18).

Essa proposta se insere em uma perspectiva interdisciplinar, em que conceitos da Matemática são trabalhados de forma prática e investigativa, a partir da lógica da Cultura *Maker* e da utilização de ferramentas tecnológicas acessíveis.

Ao longo do trabalho, Santos (2022) argumenta que a robótica estimula o raciocínio lógico, a autonomia e a capacidade de resolver problemas complexos, sendo uma ferramenta potente para integrar diferentes habilidades previstas na BNCC. Dessa forma, a robótica educacional não apenas favorece a aprendizagem de conteúdos matemáticos, mas também contribui para a formação integral dos estudantes, ao articular competências cognitivas, sociais e tecnológicas.

A dissertação reforça ainda que o pensamento computacional pode ser mobilizado por meio de práticas *maker*, capazes de tornar o conteúdo matemático mais atrativo,

contextualizado e conectado à realidade dos alunos. Tais práticas favorecem um ambiente de aprendizagem ativo e engajado, no qual o estudante se torna protagonista na construção do conhecimento.

A intervenção pedagógica foi realizada com um grupo de 10 alunos do Ensino Médio, participantes de um clube de robótica escolar. As atividades práticas desenvolvidas envolveram a utilização de kits de robótica e a programação com o software Scratch, integrados à prototipagem com placas Arduino. O autor destaca que, durante essas experiências, foi possível observar um avanço significativo nas habilidades de abstração, decomposição e reconhecimento de padrões, elementos centrais do pensamento computacional.

Segundo Santos (2022, p. 92),

As atividades plugadas realizadas trazem um valor para o aprendizado de Matemática ainda não suscitado. As atividades, a despeito da unidade temática, habilidade ou competências Matemáticas focadas (tratamento de informação e números), trazem o aprendiz ao emprego e ao esforço na direção de formalização de seus próprios conceitos matemáticos.

Esse trecho evidencia como a robótica educacional pode provocar um movimento autêntico de elaboração conceitual por parte dos alunos, promovendo uma aprendizagem significativa e crítica.

Por fim, a pesquisa realizada por Silva (2023), intitulada “Potencialidades e desafios das tecnologias digitais no estudo das relações trigonométricas no triângulo retângulo com aplicações da educação STEM por meio de uma sequência didática”, propõe uma abordagem para o ensino de trigonometria no Ensino Médio. O trabalho parte da elaboração e aplicação de uma sequência didática que integra o uso do software GeoGebra e simulações digitais como recursos para favorecer a aprendizagem das Relações Trigonométricas no Triângulo Retângulo (RTTR), ancorada nos princípios da educação STEM.

Para a autora, o uso de tecnologias digitais não apenas contribuiu significativamente para o engajamento dos estudantes, como também favoreceu a construção de um pensamento crítico diante das ações realizadas no decorrer da proposta (Silva, 2023). Seu objetivo foi:

Investigar uma Sequência Didática com tecnologias, em uma abordagem STEM, para a aprendizagem das Relações Trigonométricas no Triângulo Retângulo e identificar as influências das atividades propostas no que diz respeito ao interesse dos alunos do Ensino Médio por algumas das áreas STEM (Silva, 2023, p. 21).

Para isso, a pesquisa foi desenvolvida com 13 estudantes da 1ª série do Ensino Médio, em uma escola da rede pública, e teve como eixo a exploração das RTTR por meio de atividades que envolviam robótica e simulações digitais. O objetivo era promover uma aprendizagem ativa e significativa, na qual o uso das tecnologias contribui diretamente para o desenvolvimento

conceitual e investigativo dos alunos. A autora observa que, ao manipular um braço robótico, tanto em sua versão física quanto virtual, os alunos foram desafiados a interagir com conceitos abstratos de maneira mais concreta e aplicada, o que potencializou o processo de ensino e aprendizagem.

De acordo com a autora,

As tecnologias contribuíram de forma positiva na construção de conceitos relacionados às RTTR, bem como no interesse dos alunos pelas atividades procedimentais mais interativas relativas às abordagens STEM, visto que foi verificado atitudes como o engajamento, a cooperação, interação, interesse e respeito nas opiniões contrárias em realizar as atividades em grupo (Silva, 2023, p. 129).

Esse trecho evidencia a força das metodologias ativas associadas ao uso de tecnologias digitais como promotoras de um ambiente colaborativo e estimulante para o aprendizado da Matemática.

Além disso, a pesquisa aponta que, em contextos escolares marcados por limitações estruturais, o planejamento de práticas pedagógicas que integrem conteúdos curriculares com ferramentas tecnológicas pode promover ganhos importantes na autonomia dos estudantes e no desenvolvimento de habilidades como investigação, argumentação e resolução de problemas. Silva (2023) reforça, assim, a importância de uma abordagem interdisciplinar e significativa, alinhada às diretrizes contemporâneas de ensino e ao potencial transformador da cultura digital na Educação Básica.

Logo, como podemos notar com os trabalhos expostos nesta seção, não foi possível encontrar pesquisas, utilizando a base de dados escolhida, que abordassem discussões sobre Ensino Médio, Cultura *Maker* e STEM concomitantemente. Para evidenciar os principais aspectos de cada uma das pesquisas, apresentamos, no Quadro 5 a seguir, um panorama destacando algumas características dos trabalhos discutidos:

Quadro 5: Panorama das pesquisas envolvendo Cultura *Maker* e STEM

Autor (ano)	Objetivo ou pergunta de pesquisa	Participantes da pesquisa	Protótipo
Eros João Damasceno Bazan (2019)	“contribuir para a formação de cidadãos críticos e reflexivos, propiciando discussões e situações relacionando com os conteúdos de física e matemática ministrados em sala de aula com as tecnologias do mundo moderno” (Bazan, 2019, p. 58)	15 alunos da 2ª série do Ensino Médio	Wall-E; Sistema de automação residencial; trator autônomo e veículo marítimo ou aéreo.

Amilson Araujo (2020)	“quais são as potencialidades dos projetos de robótica para o ensino de conceitos de Física e Matemática?” (Araujo, 2020, p. 8)	30 alunos do Ensino Médio	Semáforo automatizado
Jakeline Campos (2020)	“De que forma a resolução de situações problema numa perspectiva STEM contribui para criar oportunidades de interação entre os saberes teóricos e a prática? E como auxilia no desenvolvimento de competências que se esperam necessárias para a inserção no mundo profissional?” (Campos, 2020, p. 18)	25 alunos da 1ª série do Ensino Médio	Cinco protótipos para problemas em uma Usina hidrelétrica
Francisco das Chagas Melo Neto (2021)	“qual a importância de utilizar a Cultura Maker alinhada à BNCC no ensino da matemática em escolas da rede pública de ensino do Estado do Maranhão?” (Neto, 2021, p. 11)	70 alunos da 2ª série do Ensino Médio	Teodolito
Nilcecleide da Silva Cascaes (2021)	“analisar a Cultura Maker como estratégia para o desenvolvimento socioemocional na aprendizagem Matemática para a construção do pensamento crítico do cidadão e da cidadã” (Cascaes, 2021, p. 43)	12 alunos da 1ª série do Ensino Médio	Miniestação meteorológica e carrinho de medição de altitude
Diângelo Crisóstomo Gonçalves (2021)	“investigar quais as contribuições da inserção da cultura Maker no ensino de Física orientada pela Aprendizagem Baseadas em Projetos visando à participação ativa e autônoma dos alunos” (Gonçalves, 2021, p. 18)	172 da 1ª série e 332 da 3ª série do Ensino Médio	94 protótipos sobre problemas de Física
Silvio Oliveira Costa Silva (2022)	“apresentar uma proposta para o ensino de ondas estacionárias através da experimentação com o tubo de Kundt e da tecnologia Arduino, ancorada em uma aprendizagem colaborativa e construtivista que propicie um	22 alunos da 2ª série do Ensino Médio	Tubo de Kundt

	ensino de Física mais atraente e eficaz, aproximando-se das diretrizes do Ensino Médio” (Silva, 2022, p. 3).		
Hyan da Silva Cardoso dos Santos (2022)	“compreender o desenvolvimento do Pensamento Computacional através das habilidades expressas em uma intervenção de ensino, para promover a construção de conceitos matemáticos em atividades de robótica educacional baseadas no software Scratch associado à prototipagem em Arduino para alunos da Educação Básica” (Santos, 2022, p. 18).	10 alunos do Ensino Médio do clube de robótica	Programação do software Scratch
Ednea Brito da Silva (2023)	“Investigar uma Sequência Didática com tecnologias, em uma abordagem STEM, para a aprendizagem das Relações Trigonométricas no Triângulo Retângulo e identificar as influências das atividades propostas no que diz respeito ao interesse dos alunos do Ensino Médio por algumas das áreas STEM” (Silva, 2023, p. 21)	13 alunos da 1ª série do Ensino Médio	Manipulação de um braço robótico

Fonte: autoria própria

As nove dissertações analisadas neste panorama apontam o potencial da Cultura *Maker* e da abordagem STEM para transformar a experiência educativa no Ensino Médio. Seja pela robótica, pela programação, pela resolução de problemas reais ou pela experimentação prática, todas as pesquisas apontam para a importância de práticas ativas, interdisciplinares e conectadas com as tecnologias do mundo contemporâneo.

Ao mesmo tempo, evidenciam desafios estruturais, como falta de infraestrutura, formação docente insuficiente e barreiras curriculares. Ainda assim, todas as experiências relatadas revelam que, mesmo em contextos adversos, é possível promover aprendizagens significativas. A figura do professor, em todas as pesquisas, aparece como mediador indispensável: alguém que não apenas conduz tecnicamente, mas que cria condições para que os estudantes se tornem protagonistas de seus percursos de aprendizagem.

Essas observações dialogam diretamente com a proposta desta pesquisa, que se diferencia das demais por articular de forma explícita a Cultura *Maker* e a abordagem STEM. Enquanto parte das dissertações que tratam da Cultura *Maker* tendem a enfatizar a “mão na massa” e o uso de materiais físicos, e as que exploram o STEM dão maior destaque à programação e à resolução lógica, esta investigação propõe uma integração mais ampla entre prática material, programação, conteúdos curriculares e interdisciplinaridade. O desenvolvimento do protótipo - que será aprofundado na seção 4.3 - é explorado não apenas como meio técnico, mas como recursos para o desenvolvimento de uma aprendizagem crítica, sustentável e conectada com o cotidiano escolar e com os desafios do século XXI.

2.3 Justificativa teórica e contextual para a escolha do tema

Bacich e Holanda (2020) acreditam que estamos vivendo em uma sociedade marcada por transformações rápidas e profundas, que pode se caracterizar pelo avanço da tecnologia. Nesse cenário, as instituições educacionais, segundo Moran (2018), são chamadas a repensar suas práticas pedagógicas, com o intuito de preparar e formar os alunos para uma sociedade mais dinâmica, colaborativa e baseada em soluções criativas e sustentáveis. Para ele:

A convergência digital exige mudanças muito mais profundas que afetam a escola em todas as suas dimensões: infraestrutura, projeto pedagógico, formação docente, mobilidade. A chegada das tecnologias móveis à sala de aula traz tensões, novas possibilidades e grandes desafios. Elas são cada vez mais fáceis de usar, permite a colaboração entre pessoas próximas e distantes, ampliam a noção de espaço escolar, integram alunos e professores de países, línguas e culturas diferentes. E todos, além da aprendizagem formal, têm a oportunidade de se engajar, aprender e desenvolver relações duradouras para suas vidas (Moran, 2018, p. 12).

Filatro e Cavalcanti (2018, p. 12) defendem que existem mudanças que vão além dessas inovações tecnológicas, que para eles “têm provocado mudanças consideráveis na forma de crianças, jovens e adultos aprenderem” que é o uso de metodologias ativas, que “permitem que estudantes e profissionais assumam o protagonismo de sua aprendizagem” (Filatro; Cavalcanti, 2018, p. 12). Complementando essa ideia, Boss e Larmer (2024) acreditam que é esperado que as instituições de ensino se modifiquem junto com as mudanças do mundo, “no entanto, em sua maioria, educamos os nossos jovens da mesma forma que fazíamos há mais de 100 anos” (Boss; Larmer, 2024, p. XI). Essa constatação evidencia a urgência de repensar práticas pedagógicas que ainda seguem modelos tradicionais e pouco conectadas às demandas do presente. E é nesse cenário que esta pesquisa se insere, estabelecendo como objetivo “investigar as potencialidades e os desafios da interação entre a Cultura *Maker* e a abordagem STEM no Ensino Médio”, como forma de tensionar esses modelos e propor alternativas mais coerentes com os desafios

contemporâneos da educação, usando metodologias ativas e tecnologia digital durante as aulas. Essa proposta dialoga diretamente com as diretrizes estabelecidas por documentos normativos como a BNCC e o Currículo Paulista, que reconhecem a importância de desenvolver nos estudantes competências essenciais para o século XXI — tais como o pensamento crítico, a colaboração, a comunicação e a criatividade —, colocando em evidência a necessidade de práticas interdisciplinares, ativas e conectadas à realidade dos alunos.

Nesse contexto, a Cultura *Maker* e o STEM se destacam, proporcionando experiências práticas, investigativas e interdisciplinares, fazendo com que os alunos criem uma ponte entre os conteúdos estudados em sala de aula e a realidade em que estão inseridos. De acordo com Filatro e Cavalcanti (2023) e Carbonell (2016), quando colocamos os alunos como protagonistas no processo de aprendizagem, favorecemos o desenvolvimento de competências gerais e específicas previstas nos documentos curriculares, promovendo uma aprendizagem conectada com a realidade e voltada para a formação integral.

Ao analisarmos a BNCC, é possível notar que as dez competências gerais, citadas pelo documento como necessárias para o desenvolvimento de sujeitos autônomos, críticos e éticos durante a Educação Básica, encontram nas propostas educacionais que utilizam da Cultura *Maker* e da abordagem STEM um ambiente fértil para que sejam trabalhadas e desenvolvidas com os alunos, como podemos visualizar no Quadro 6.

Quadro 6: Como os projetos dialogam com as competências gerais da BNCC

Competência	Como dialogam com o maker e STEM
Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.	O maker e o STEM utilizam a interdisciplinaridade para trabalhar com diferentes áreas, conectando teoria e prática para interpretar e transformar a realidade (Lorenzin, Assumpção e Bizerra, 2018), fazendo com que os alunos criem pontes entre os conteúdos estudados nas salas de aulas com os problemas de seu cotidiano, dando uma maior significância aos conteúdos.
Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.	Formular hipóteses, testar soluções e criar protótipos, exercitando o pensamento crítico e a criatividade com base em diferentes campos do conhecimento.

<p>Valorizar e fruir as diversas manifestações artísticas e culturais, das locais às mundiais, e também participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural.</p>	<p>Projetos com identidade própria, incorporando elementos culturais locais ou globais, respeitando e dialogando com a diversidade de expressões artísticas.</p>
<p>Utilizar diferentes linguagens – verbal (oral ou visual-motora, como Libras, e escrita), corporal, visual, sonora e digital –, bem como conhecimentos das linguagens artística, matemática e científica, para se expressar e partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo.</p>	<p>Utilização de linguagens diversas — verbal, matemática, computacional, visual e digital — ao planejar, registrar e apresentar os projetos.</p>
<p>Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.</p>	<p>Construir soluções tecnológicas (como protótipos com sensores, robôs, apps ou experimentos automatizados) promovendo o uso das tecnologias digitais.</p>
<p>Valorizar a diversidade de saberes e vivências culturais e apropriar-se de conhecimentos e experiências que lhe possibilitem entender as relações próprias do mundo do trabalho e fazer escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade.</p>	<p>Dialogar com problemas reais do cotidiano e com temas de relevância social, incentivando escolhas alinhadas a projetos de vida e à cidadania.</p>
<p>Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta.</p>	<p>Justificar decisões tomadas no desenvolvimento de projetos, aprender a organizar ideias, debater em grupo e apresentar argumentos éticos e sustentáveis.</p>
<p>Conhecer-se, apreciar-se e cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana e reconhecendo suas emoções e as dos outros, com autocrítica e capacidade para lidar com elas.</p>	<p>O trabalho em equipe, os erros e acertos ao longo dos projetos estimulam o autoconhecimento, a resiliência, a valorização pessoal e o respeito aos limites individuais.</p>

Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza.	Trabalhar colaborativamente em ambientes maker exige escuta ativa, negociação de ideias e respeito à diversidade de perspectivas.
Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários.	Ao envolver temas ambientais, sociais ou comunitários, estimulamos nos estudantes uma postura ética e engajada diante do mundo.

Fonte: Autoria própria

Baseado nisso, podemos concluir que ao integrar as competências gerais da BNCC com práticas pedagógicas baseadas em projetos, resolução de problemas e protagonismo estudantil - características presentes na Cultura *Maker* e no STEM – é possível criarmos caminhos para uma educação e propostas educacionais conectadas com as demandas e desafios que encontramos hoje, fazendo com que os alunos criem “uma ponte que conecta os conhecimentos teóricos a contextos de aplicação reais” (Filatro; Cavalcanti, 2023, p. 20), além de desenvolver habilidades que são consideradas essenciais para esse século.

A Cultura *Maker*, ao estimular o "faça você mesmo", valoriza a autoria dos estudantes, seu envolvimento ativo e o aprendizado por meio da experimentação, da tentativa e erro e da construção coletiva. Para Filatro e Cavalcanti (2023, p. 52), é uma perspectiva de aprendizagem “centrada no conceito de aprendizagem experimental”. Já a abordagem STEM, ao articular Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática, permite que os alunos compreendam fenômenos e criem soluções para problemas reais, desenvolvendo o raciocínio lógico, a análise crítica e a capacidade de inovar, de modo a “instigar e aumentar o interesse dos alunos em carreiras científicas e tecnológicas” (Lorenzin; Assumpção; Bizerra, 2018, p. 203).

Além disso, tanto a BNCC quanto o Currículo Paulista destacam a importância do uso pedagógico das tecnologias digitais no processo de ensino e aprendizagem. Essas tecnologias são elementos centrais nas propostas *maker* e STEM, que frequentemente utilizam dispositivos como plataformas de programação, sensores, microcontroladores, impressoras 3D, calculadoras científicas avançadas, entre outros. Ao integrar esses recursos, os estudantes não apenas aprendem sobre tecnologia, mas com a tecnologia — em um processo ativo e significativo.

O Currículo Paulista, São Paulo (2020), também incentiva o trabalho com metodologias ativas e com projetos que dialoguem com os interesses dos estudantes e com problemas do mundo contemporâneo. O documento recomenda práticas pedagógicas que valorizem a autonomia, o protagonismo e a interdisciplinaridade, além da criação de espaços inovadores de aprendizagem — como laboratórios, oficinas e ambientes *maker* — para fomentar a criatividade e a resolução de problemas complexos. De acordo com esse documento orientador,

Metodologias de ensino adequadas, como as ativas e aplicáveis, animam, estimulam, encorajam o estudante e ajudam na diminuição da evasão escolar. Atividades criativas que conectam disciplinas, ultrapassando a visão fragmentada do conhecimento, e assegurem intervenções interdisciplinares permitem fomentar um ambiente de aprendizado permanente e de qualidade para todos. (São Paulo, 2020, p. 41).

Contudo, é importante reconhecer que muitos estudantes têm apresentado desengajamento nas aulas tradicionais, o que pode estar relacionado à falta de conexão entre o conteúdo escolar e a realidade vivida por eles. De acordo com Camargo (2018, p. 13), professores que priorizam abordagens tradicionais acabam “propagando métodos e práticas incoerentes com a realidade e a necessidade demandada pelos alunos, repetindo práticas ou métodos tradicionais, registradas na desmotivação e queixas dos alunos, contribuindo pouco para o avanço do processo de aprendizagem”. A Cultura *Maker* e a abordagem STEM enfrentam esse desafio ao promover experiências de aprendizagem significativas, alinhadas aos interesses, contextos e projetos de vida dos estudantes. Projetos que envolvem a resolução de problemas reais, como os relacionados à sustentabilidade, ao meio ambiente ou à comunidade local, tendem a gerar maior engajamento, pois os alunos conseguem perceber a aplicabilidade dos conhecimentos. Nesse cenário, a recorrente pergunta ouvida por professores de Matemática — “Mas onde eu vou usar isso?” — perde espaço, já que o uso se revela na prática, de forma concreta e contextualizada.

Nesse sentido, pesquisas envolvendo a neurociência aplicada à educação reforçam a importância de metodologias ativas e contextualizadas. Estudos apontam que o envolvimento emocional e sensorial com a atividade potencializa a memorização e a compreensão dos conteúdos. Ambientes que estimulam a experimentação, a criatividade e a resolução de problemas geram maior engajamento cerebral, ativando áreas relacionadas à motivação, à memória de longo prazo e à tomada de decisões. O ato de construir, errar, revisar e tentar novamente proporciona uma aprendizagem mais duradoura e significativa. De acordo com Camargo e Daros (2018, p. ix),

A estrutura neurofisiológica que sustenta a aprendizagem não está sendo corretamente estimulada com as atuais metodologias educacionais. Nesse novo contexto, a

educação não pode permanecer a mesma. Ficar como está já não é mais possível, sequer é tolerável, muito menos inteligente. O que serviu no passado não obrigatoriamente servirá no presente e, certamente, não será adequado no futuro.

Para o autor, conseguimos nos lembrar em média de 40% do que nos foi ensinado, mas não conseguimos colocar em prática nem 10% desses ensinamentos e hoje não é mais justificável que deixemos para aprender durante a vida profissional a real aplicação das teorias estudadas durante os anos escolares (Camargo; Daros, 2018). Nessa direção, ele aponta que:

Mudar o discurso é fácil, implementar a mudança não. A sala de aula tradicional, baseada na hegemonia da aula expositiva, ainda é uma grande barreira a ser vencida para que a qualidade da educação melhore. Mas o que há de errado com a aula expositiva, que vem formando inúmeras gerações de profissionais com relativo sucesso? Ela é uma ótima maneira de ensinar, mas uma péssima maneira de aprender. Em uma exposição, o estudante sai com a falsa impressão de que aprendeu muito, mas, na verdade, aprendeu quase nada. Ele apenas teve contato com muitas informações, pode até tê-las compreendido, mas isso não significa que tenha aprendido, pois o aprendizado efetivo exige aplicabilidade do conhecimento compreendido para que ele possa ser cognitiva e mnemonicamente fixado de forma indelével. A aula expositiva é um elemento necessário no contexto educacional, mas deve ser complementar e secundária no processo de aprendizagem. A conscientização dessas premissas junto aos educadores tem levado a um crescente interesse pela compreensão das chamadas metodologias ativas de aprendizagem, que nada mais são do que métodos para tornar o estudante protagonista do seu processo de aprendizagem, e não mais elemento passivo na recepção de informações (Camargo; Daros, 2018, p. ix)

Complementando essa ideia, a formação acadêmica dos estudantes precisa ir além da simples transmissão de conteúdos teóricos, promovendo situações em que eles possam mobilizar seus conhecimentos para resolver problemas, tomar decisões e atuar de forma colaborativa diante de contextos reais e complexos. Aulas meramente expositivas tendem a ser insuficientes para o desenvolvimento de competências essenciais para a vida profissional e pessoal, como a capacidade de comunicação, de trabalho em equipe e de avaliação crítica do próprio desempenho. Nesse sentido, é fundamental que as práticas pedagógicas sejam repensadas, deslocando o foco do ensino de conteúdos isolados para a construção de experiências que articulem saberes e desenvolvam a autonomia dos estudantes. Isso exige, por parte das instituições de ensino, o compromisso de contextualizar suas propostas educativas, aproximando o conhecimento escolar das situações vivenciadas pelos alunos em seu cotidiano e em seu futuro campo de atuação (Camargo; Daros, 2018).

Além disso, abordar contextos reais e temas relacionados à sustentabilidade e aos princípios dos 3Rs — reduzir, reutilizar e reciclar — torna-se cada vez mais urgente diante dos impactos ambientais que temos presenciado no mundo. Ao trazer essas questões para o contexto escolar, a aprendizagem ganha sentido e relevância, conectando o conteúdo às grandes questões contemporâneas. Trabalhar com projetos que envolvem o consumo consciente, a gestão de

resíduos e a preservação ambiental contribui para formar estudantes mais críticos e engajados com a realidade. Essas discussões ampliam a visão dos jovens sobre seu papel na sociedade, incentivando a responsabilidade coletiva, a ética ambiental e o comprometimento com um futuro mais sustentável.

Sendo assim, o uso da Cultura *Maker* e da abordagem STEM em espaços educacionais não apenas atende às diretrizes dos principais documentos curriculares brasileiros, como também podem potencializar o desenvolvimento de competências essenciais para a formação de cidadãos capazes de atuar de forma crítica, colaborativa e transformadora no mundo atual. Essas abordagens representam, assim, uma resposta pedagógica coerente e necessária diante dos desafios educacionais do século XXI — sobretudo em uma escola que busca ser mais próxima da vida, mais ativa na formação e mais relevante para seus estudantes.

3 REFERENCIAL TEÓRICO: ELEMENTOS TEÓRICOS E CONTEXTUAIS PARA O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

A pesquisa aqui apresentada buscou articular a temática da sustentabilidade com propostas pedagógicas baseadas na Cultura *Maker* e na abordagem STEM. Para sustentar teoricamente as ações desenvolvidas, esta seção aborda, em primeiro lugar, as metodologias ativas, com ênfase na Cultura *Maker* e na abordagem STEM, que orientaram a construção das atividades com os alunos. Em seguida, discutiremos as especificidades do contexto escolar no qual a pesquisa foi realizada, considerando elementos como o Programa de Ensino Integral (PEI), Projeto de Vida e as disciplinas Eletivas, que influenciaram diretamente a proposta desenvolvida. Por fim, trataremos da educação ambiental e da problemática do PET, compreendido não apenas como resíduo, mas como ponto de partida para práticas pedagógicas transformadoras.

3.1 Metodologias Ativas na educação

A compreensão da Cultura *Maker* e da abordagem STEM neste trabalho parte da concepção de que ambas não devem ser analisadas isoladamente, como estratégias pontuais ou modismos educacionais¹⁵, mas como desdobramentos de um paradigma pedagógico mais amplo: o das metodologias ativas. Ao adotar esse referencial como guarda-chuva conceitual, ou seja, um conceito amplo que engloba outras ideias, buscamos situar a Cultura *Maker* e STEM dentro de uma lógica de ensino que valoriza o protagonismo estudantil, a resolução de problemas reais, a construção colaborativa do conhecimento e a articulação entre teoria e prática. Essa escolha se justifica pela necessidade de sustentar teoricamente a análise das práticas desenvolvidas ao longo da pesquisa de campo, destacando que o uso de tecnologias e a interdisciplinaridade, características presentes tanto na Cultura *Maker* quanto no STEM, só ganham sentido educativo quando inseridas em propostas que rompem com a centralidade da transmissão de conteúdo e promovem a ação crítica dos estudantes.

Posto isso, discutiremos, nesta subseção, o conceito de metodologias ativas com o objetivo de fundamentar pedagogicamente as abordagens que foram exploradas ao longo da pesquisa. Longe de constituírem um conjunto de técnicas ou estratégias fixas, as metodologias ativas configuram uma mudança de perspectiva sobre o processo de ensinar e aprender. Nessa abordagem, o estudante não é mais um receptor passivo de informações, mas torna-se sujeito

¹⁵ Segundo Santos e Oliveira (2021, p. 341), modismo educacional se refere a “algo passageiro, algo que todo mundo faz igual ao outro apenas por um determinado momento”.

ativo na construção do conhecimento, participando de situações que exigem análise, tomada de decisão, resolução de problemas e reflexão crítica.

Para Camargo (2018, p. 15), “as metodologias ativas de aprendizagem são alicerçadas na autonomia, no protagonismo do aluno. Têm como foco o desenvolvimento de competências e habilidades, com base na aprendizagem colaborativa e na interdisciplinaridade” e “integram o processo de evolução da Educação” (Soares, 2021, p. 26). Essas definições apontam para uma concepção de ensino em que o aluno participa de forma direta do processo de aprendizagem, por meio de práticas que valorizam o diálogo, a cooperação e a construção de sentidos a partir de situações concretas.

Nesse mesmo sentido, Daros (2018) contribui ao defender o estreitamento entre teoria e prática, a valorização do saber experiencial e a complexidade dos processos educativos. Ao problematizar a lógica transmissiva tradicional, as metodologias ativas propõem que o conhecimento não é algo pronto a ser transferido, mas uma construção que emerge das interações entre sujeitos, linguagem, mundo e contexto. Como destaca Valente (2018), trata-se de deslocar o foco da aula da figura do professor, como centro e fonte do saber, para o estudante como agente do próprio percurso formativo, fazendo com que o professor se torne mediador no processo de ensino e aprendizagem.

Nesse cenário, a aprendizagem acontece em situações reais ou simuladas que desafiam o estudante a agir, investigar, argumentar, criar hipóteses e confrontar ideias. Fortalecendo essa ideia, Soares (2021, p. 131) defende que, ao utilizar metodologias ativas, criamos condições para que os alunos possam

Perguntar, refutar, argumentar, aprender com o erro. É garantido o direito de falar, de se posicionar e conviver com o outro, semelhante ou diferente, aprendendo a lidar com as adversidades. Os estudantes são encorajados a buscar soluções, experimentar, produzir e, com isso, desenvolver sua criatividade e inventividade. Sim, é possível sair da cadeira, pensar fora da caixa, quebrar paradigmas, ir além e aprender para a vida.

Essa concepção amplia o papel do estudante, reconhecendo-o como sujeito ativo no processo educativo, capaz de mobilizar saberes e valores em contextos diversos. Ao mesmo tempo, desafia o professor a reorganizar suas práticas, criando ambientes que favoreçam a escuta, a experimentação e a construção coletiva do conhecimento.

Nesse tipo de proposta, o erro deixa de ser encarado como sinal de fracasso e passa a ser compreendido como “parte do processo de aprendizagem” (Soares, 2021, p. 75), assumindo um papel formativo e essencial à investigação. Essa mudança de perspectiva exige também uma

nova postura da escola, que precisa se comprometer com uma prática pedagógica mais dinâmica e aberta à experimentação. Como afirma Soares (2021, p. 133), a escola

Precisa ser ativa. Necessita ousar, arriscar-se, encorajar discentes e docentes a assumir riscos, porque acredita que a educação merece ser repensada, mais bem articulada, remodelada de modo a garantir uma atualização pedagógica necessária para o contexto dessa geração.

Esse movimento implica romper com modelos fechados e rígidos de ensino, abrindo espaço para experiências significativas e conectadas com o mundo contemporâneo, “afinal, uma escola ativa é uma escola sem muros, conectada, articulada, que amplia a visão de mundo dos alunos, que rompe barreiras e desperta neles o querer fazer e o prazer de estar nela” (Soares, 2021, p. 133).

Dentro desse contexto de escola ativa, as metodologias ativas desempenham papel fundamental ao promover práticas que ampliam a participação dos estudantes, incentivam a colaboração e estimulam o desenvolvimento de habilidades variadas. Essas abordagens configuram-se como ferramentas que transformam o processo educativo, favorecendo aprendizagens mais integradas e significativas.

Assim, Camargo (2018, p. 15) ressalta que as metodologias ativas proporcionam:

- o desenvolvimento efetivo de competências para a vida profissional e pessoal;
- visão transdisciplinar do conhecimento;
- visão empreendedora;
- o protagonismo do aluno, colocando-o como sujeito da aprendizagem;
- o desenvolvimento de nova postura do professor, agora como facilitador, mediador;
- a geração de ideias e de conhecimento e a reflexão, em vez de memorização e reprodução de conhecimento.

Nesse conjunto de práticas que buscam transformar a experiência escolar, as metodologias ativas se desdobram em diferentes estratégias pedagógicas que favorecem a participação dos estudantes e a construção colaborativa do conhecimento. Entre elas, destacam-se a aprendizagem baseada em problemas, ensino híbrido, sala de aula invertida, design thinking, rotação por estações, gamificação, aprendizagem baseada em projetos (Soares, 2021) e, de forma mais recentes, práticas ancoradas na Cultura *Maker* e na abordagem STEM. O que une essas práticas não é o formato ou a ferramenta utilizada, mas o compromisso com a formação de sujeitos críticos, autônomos e capazes de agir no mundo de forma ética, criativa e colaborativa.

Neste sentido, indo ao encontro do que é defendido por Pugliese (2020) e Bacich (2020), compreender a Cultura *Maker* e STEM como desdobramentos das metodologias ativas é reconhecer que seu valor educativo não reside apenas no uso de tecnologias ou na

interdisciplinaridade, mas na forma como esses elementos se articulam a propostas pedagógicas que colocam o estudante no centro do processo de aprendizagem.

Diante do exposto, esta subseção apresenta as metodologias ativas como referencial pedagógico que fundamenta a discussão proposta neste trabalho, destacando suas principais estratégias e suas articulações com a Cultura *Maker* e a abordagem STEM. Na subseção seguinte, discutiremos as distinções entre essas metodologias e as abordagens tradicionais de ensino, com o objetivo de evidenciar as rupturas, os desafios e as possibilidades que emergem quando se propõe uma reconfiguração do papel do professor, do estudante e da própria sala de aula.

3.2 Modelo tradicional de ensino X metodologias ativas

Compreendido o que são as metodologias ativas, torna-se necessário discutir o ensino tradicional e identificar os contrastes entre essas duas perspectivas. Nesta pesquisa, consideramos como abordagem tradicional aquela centrada na transmissão de conteúdos, na memorização e na execução de tarefas de forma pouco reflexiva. De acordo com Pires (2020, p. 52), o modelo tradicional “tem como marcas, em um olhar bem pouco aprofundado, o aluno passivo, o cumprimento de tarefas e a memorização de conteúdo. É um modelo baseado na transmissão e na reprodução”. Mesmo quando há experimentos, eles seguem um passo a passo rígido, “sem o levantamento de hipóteses, atingindo-se apenas a etapa de verificação do processo investigativo” (Pires, 2020, p. 52).

Esse formato, que predominou por séculos e ainda é o dominante em muitas escolas, foi funcional em um contexto em que o professor era a principal fonte de conhecimento. Contudo, como destacam Camargo e Daros (2018) e Camargo (2018), as transformações sociais, culturais e tecnológicas, sobretudo o advento da internet e das mídias digitais, redefiniram as formas de se relacionar, consumir, trabalhar e aprender. Mesmo permanecendo como o modelo dominante em muitas escolas, o ensino tradicional revela-se insuficiente diante de uma sociedade hiperconectada, em que a informação circula de maneira descentralizada e veloz.

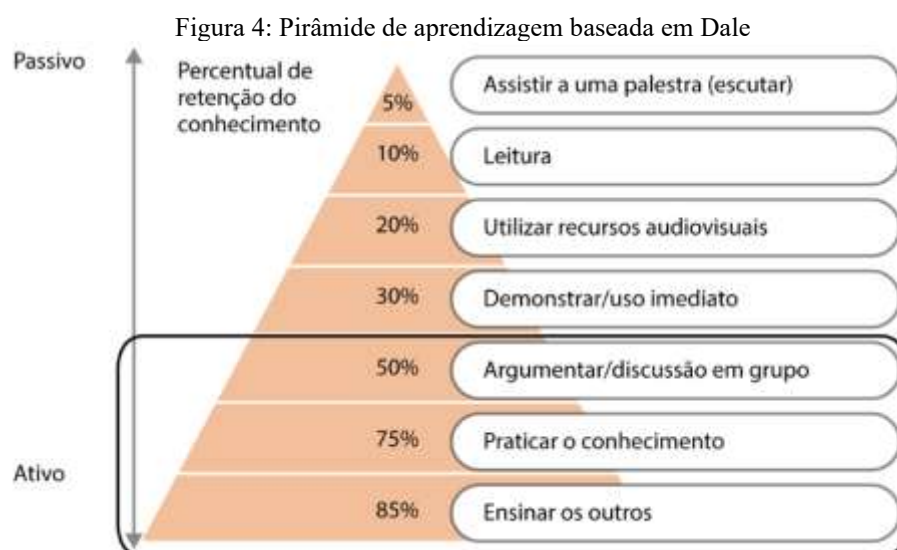
Camargo e Daros (2018) observam que, embora a aula expositiva tenha formado inúmeras gerações de profissionais, ela é uma ótima maneira de ensinar, mas uma péssima maneira de aprender. Isso porque, durante uma exposição, o estudante pode ter a falsa impressão de que aprendeu muito, quando, na verdade, apenas teve contato com diversas informações, sem necessariamente conseguir aplicá-las ou retê-las de forma significativa. Camargo (2018, p. 13) reforça essa crítica ao afirmar que “grande parte das instituições de ensino faz uso de métodos de ensino tradicionais” e que “o ensino acaba ocorrendo de modo

repetitivo”, com alunos desmotivados e aprendizagem medida apenas pela memorização de informações para provas.

Além disso, a fragmentação do conhecimento é outro limite apontado por Lorenzin (2020, p. 190), já que para ele, “a organização tradicional do ensino em componentes curriculares, como disciplinas separadas, conduz somente a um acúmulo de informações, o que é incompatível com a sociedade da informação”. Essa fragmentação dificulta o desenvolvimento de pensamentos complexos e a construção de sentido, afastando o trabalho escolar de seu papel como espaço de reflexão e prática social.

A esse cenário, contrapõem-se as metodologias ativas, que deslocam o estudante da posição passiva para o papel de protagonista de sua aprendizagem. Como destacam Filatro e Cavalcanti (2023, p. 28), essas metodologias são o “contraponto do ensino tradicional transmissivo, por permitirem e encorajarem que o aprendiz aja como protagonista de sua aprendizagem”. Nelas, o conhecimento é construído de forma colaborativa e significativa, a partir de problemas, projetos e situações reais, o que favorece o engajamento e o desenvolvimento de competências socioemocionais como resiliência e flexibilidade (Filatro; Cavalcanti, 2023).

Camargo (2018, p. 15) complementa que “a aplicação de estratégias de metodologias ativas de aprendizagem baseada em resolução de problemas aumenta consideravelmente a aprendizagem dos alunos, quando comparada ao método tradicional”. Esse argumento é visualmente reforçado pela Pirâmide de Aprendizagem (Figura 4), inspirada no Cone da Experiência de Dale, que indica maior retenção do conhecimento em atividades participativas e concretas, características centrais das metodologias ativas.



Fonte: Camargo (2018, p. 16)

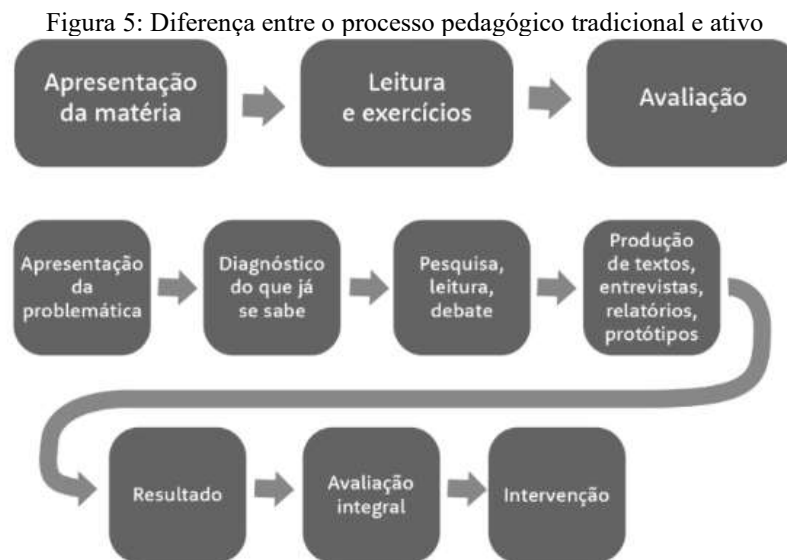
Camargo (2018) faz um paralelo entre aulas que seguem uma proposta tradicional, ativas e a pirâmide de aprendizagem, afirmando que as quatro estratégias de aprendizagem do topo remetem a uma aula tradicional, que foca na transmissão do conteúdo, enquanto as três da base são trabalhadas predominantemente em aulas que fazem uso de metodologias ativas, uma vez que, para o autor, aulas “com esse foco melhoram o aprendizado e a capacidade de retenção do conhecimento” (Camargo, 2018, p. 17).

Nesse sentido, Bacich e Moran (2018, p. 2) destacam que “a aprendizagem por meio da transmissão é importante, mas a aprendizagem por questionamento e experimentação é mais relevante para uma compreensão mais ampla e profunda”. Essa visão converge com Valente (2018, p. 26), que diz que “em vez do ensino baseado na transmissão de informação, da instrução bancária, como criticou Paulo Freire (1970), na metodologia ativa, o aluno assume uma postura mais participativa, na qual ele resolve problemas, desenvolve projetos e, com isso, cria oportunidades para a construção de conhecimento”.

Portanto, a transição do modelo tradicional para metodologias ativas não é apenas uma questão técnica ou metodológica. Trata-se de uma mudança paradigmática que envolve a redefinição dos papéis de professores e estudantes, a reorganização dos tempos e espaços escolares e o reconhecimento do conhecimento como construção coletiva e situada. Embora o modelo tradicional tenha cumprido seu papel e se mostrado efetivo em determinados contextos históricos, hoje ele se revela insuficiente diante das transformações sociais e tecnológicas (Camargo; Daros, 2018). O acesso universal à informação, impulsionado pela internet e pelas mídias digitais, modificou profundamente a maneira como as pessoas se relacionam, consomem, trabalham, aprendem e até vivem (Camargo; Daros, 2018). Além disso, estudos apontam que as abordagens tradicionais não estão estimulando a estrutura neurofisiológica que sustenta a aprendizagem (Camargo; Daros, 2018), o que reforça a necessidade de práticas pedagógicas dinâmicas e centradas no estudante.

Para complementar a defesa da transição entre os modelos, Soares (2021) traz uma reflexão sobre as diferenças entre o processo pedagógico tradicional e o ativo. Para a autora, o ensino tradicional estrutura-se de maneira linear e centrada no professor, iniciando-se com a apresentação da matéria, seguida por leituras, exercícios de fixação e culminando em uma avaliação que mede a memorização de conteúdos. Já no processo ativo, observa-se uma lógica dinâmica e cíclica, em que o estudante é instigado a participar desde a apresentação da problemática até a construção coletiva de soluções, passando pelo diagnóstico do que já sabe, pela pesquisa, leitura e debates, pela produção de textos e protótipos e, finalmente, por uma avaliação integral e intervenções. Essa configuração evidencia uma mudança de paradigma, em

que o foco deixa de ser a transmissão de informações e passa a ser o desenvolvimento de competências para a investigação, a reflexão e a ação transformadora, como mostrado na figura 5 a seguir:



Fonte: Soares (2021, p. 75)

Ademais, Daros (2018, p. 11) alerta que “enquanto existir o modelo tradicional de ensino, baseado unicamente no ensino do conteúdo do livro didático e em exercícios de fixação, que ainda acontece em quase todas as classes do mundo, alunos e professores desmotivados para o aprendizado continuarão sendo gerados”. Essa crítica revela a necessidade urgente de práticas pedagógicas inovadoras e engajadoras.

Camargo (2018, p. 13) também chama atenção para o impacto das mudanças sociais, ao dizer que “as pessoas estão cada vez mais conectadas. A cultura, as instituições e a trajetória da sociedade caminham para um universo cada vez mais inter-relacionado”. Nesse contexto, ele defende que “fazem-se necessárias, também, mudanças na educação, ou ainda, nos métodos de ensino-aprendizagem”.

Outro ponto importante é o papel da formação docente na perpetuação das práticas tradicionais. Segundo Camargo (2018, p. 13), “docentes incorporam práticas de senso comum durante sua formação profissional e as replicam ao tornarem-se professores, propagando métodos e práticas incoerentes com a realidade e a necessidade demandada pelos alunos, contribuindo pouco para o avanço do processo de aprendizagem”. Em contrapartida, as metodologias ativas “colocam o aluno como protagonista, ou seja, em atividades interativas com outros alunos, aprendendo e se desenvolvendo de modo colaborativo” (Camargo, 2018, p. 15). Essa postura ativa do estudante é central para uma aprendizagem significativa, como

ressalta Camargo (2018, p. 17), “ao se utilizar estratégias pedagógicas calcadas nesses métodos, possibilita-se aos alunos aprenderem por meio de suas experiências de vida, ou seja, partindo de sua realidade, por meio da problematização, do questionamento e do fazer pensar (e não do memorizar ou reproduzir conhecimento)”.

Nessa mesma direção, Pires (2020, p. 52) afirma que “a perspectiva é considerar que o melhor caminho para se aprender ciências é fazendo ciências”, enquanto Blanco (2020, p. 108) complementa que “o professor precisa levar em consideração que o conhecimento matemático não se constrói da forma como o ensino tradicional propõe”. Lorenzin (2020, p. 189) acrescenta que “entender a organização tradicional do ensino de ciências como a sua redução à apresentação de conteúdos, modelos e esquemas” impede uma aprendizagem contextualizada e significativa.

Por fim, Gonçalves e Silva (2018, p. 70) reforçam uma crítica contundente ao afirmar que “na sala de aula tradicional, não há espaço para momentos mais personalizados de ensino, pois esse tipo de estrutura mantém toda a turma dependente das atitudes do professor”. Esse cenário reforça o argumento de que metodologias ativas podem ser utilizadas para atender às demandas de uma educação contemporânea, centrada no estudante e orientada para o desenvolvimento de competências complexas.

Diante do exposto, fica evidente que a superação do ensino tradicional não se resume à adoção de novas técnicas pedagógicas, mas requer uma transformação profunda na forma de conceber o processo educativo. As metodologias ativas, ao deslocarem o estudante para o centro da aprendizagem, respondem aos desafios de uma sociedade em constante mudança, marcada pela hiperconexão, pelo excesso de informações e pela necessidade de desenvolver competências críticas, criativas e colaborativas. Essa transição implica repensar o papel do professor, que deixa de ser mero transmissor de conteúdo para atuar como mediador, orientador e provocador de reflexões, além de reconfigurar os espaços e tempos escolares para favorecer experiências significativas. Assim, a escolha por práticas ativas representa não apenas uma alternativa metodológica, mas um compromisso ético e político com uma educação mais humanizadora, crítica e alinhada às complexas demandas do século XXI.

Na próxima subseção discutiremos a respeito de alguns teóricos que defendem a mudança das abordagens e metodologias usadas na sala de aula, indicando suas contribuições para a visibilidade das metodologias ativas no processo de ensino e aprendizagem.

3.2.1 Alguns teóricos da educação que defendem essa mudança

A defesa de metodologias que valorizam a participação ativa dos estudantes na construção do conhecimento tem raízes em diferentes pensadores e educadores que, ao longo do tempo, criticaram o modelo tradicional de ensino baseado na transmissão e memorização de conteúdos.

A ideia de que o estudante aprende de forma mais significativa quando se envolve diretamente com o objeto de estudo é central no pensamento de John Dewey, que propôs uma escola vinculada à vida e à experiência. Para Dewey, o processo educativo deveria estar relacionado à prática social, à investigação e à resolução de problemas concretos, princípios que hoje dialogam diretamente com o que conhecemos como metodologias ativas.

Como destaca Soares (2021, p. 23), Dewey tinha como pressuposto “uma educação centrada na criança e na autonomia dos educandos. [...] Na concepção de Dewey, a criança deveria ser preparada para a vida, pela própria vida, de forma a aprender pela ação, a partir de experiências concretas e produtivas”. Nesse mesmo sentido, Bacich e Moran (2018) observam que a educação, para Dewey, não deveria ser vista como preparação para a vida, mas como parte integrante dela. Assim, o desenvolvimento humano e a autonomia ocorreriam pela experiência e pela reflexão sobre essa experiência, que impulsionam o sujeito a estabelecer relações, tomar consciência, construir conhecimento e reconstruir vivências.

A prática pedagógica, nessa perspectiva, se apoia no princípio do “learning by doing” ou “aprender fazendo”, conforme explica Valente (2018, p. 27) ao dizer que “para Dewey, a educação deveria formar cidadãos competentes e criativos, capazes de gerenciar sua própria liberdade. Sua proposta era a de que a aprendizagem ocorresse pela ação, o *learning by doing*, ou aprender fazendo, *hands-on*”. Essa ideia, desenvolvida inicialmente por Dewey, está na base do que hoje se chama de aprendizagem experimental. Filatro e Cavalcanti (2023, p. 37) reforçam que:

O conceito de aprendizagem experimental (ou do ‘aprender fazendo’) foi proposto inicialmente por John Dewey na década de 1960 [...] Trata-se de uma concepção relevante, que justifica a adoção de metodologias (cri)ativas em contextos educacionais. O principal argumento dos teóricos é que não deve existir separação entre a educação e a vida real.

Para que essa integração entre realidade e aprendizagem se efetive, Filatro e Cavalcanti (2023, p. 37) apontam cinco condições básicas:

- 1- Aprendemos pela prática;
- 2- Só a prática não basta; é preciso reconstruir conscientemente uma experiência;
- 3- Aprendemos por associação;
- 4- Aprendemos várias coisas ao mesmo tempo; nunca uma coisa apenas;
- 5- A aprendizagem deve ser integrada à vida e à nossa realidade.

Os autores complementam afirmando que, em ambientes educacionais, “o aprendiz deve vivenciar situações que façam sentido no contexto em que ele está inserido e que possam ser articuladas com situações reais” (Filatro; Cavalcanti, 2023, p. 38). Essa articulação possibilita aos alunos experienciar a aprendizagem experimental, aproximando o processo educativo da vida cotidiana.

Além disso, Dewey criticava fortemente o sistema educacional tradicional, e queria com sua proposta de escola, “denunciar a cultura pecuniária e acusar a instituição escolar de lançar a criança no mundo da competição, em vez de ser um laboratório criador de cidadania” (Carbonell, 2016, p. 131). Essa crítica evidencia sua defesa de uma escola como espaço de experimentação, cooperação e desenvolvimento coletivo. Como observa Carbonell (2016, p. 232), Dewey

Considera que o ‘eu’ não é uma mente separada que constrói conhecimento das coisas por sua conta à margem da realidade, mostrando-se muito comprometido com um enfoque cooperativo de ensino, que o leva a falar de ‘inteligência cooperativa’ ou de ‘inteligência coletiva’ em distintos contextos.

Assim, a proposta de Dewey se mostra atual, ao propor uma educação que vai além da transmissão de conteúdos e se organiza como um processo ativo, colaborativo e integrado à vida real. Esse pensamento inspira as metodologias ativas, que buscam transformar a escola em um espaço vivo de construção de saberes, cidadania e criatividade.

Essa concepção é reforçada pelas teorias do desenvolvimento cognitivo de Jean Piaget, que entendia o conhecimento como algo construído ativamente a partir da interação do sujeito com o meio e com os desafios impostos por ele. Para Piaget, o erro, a experimentação e o conflito cognitivo são elementos fundamentais no processo de aprendizagem, pois impulsionam o estudante a questionar, reorganizar e ampliar seus esquemas mentais. Como destaca Taille (1997, p. 25), “de pecado capital da aprendizagem, o erro ganhou certa nobreza”, evidenciando o valor formativo do erro nas práticas pedagógicas investigativas e centradas no protagonismo do estudante.

Nessa perspectiva, o construtivismo, que serve de base para as ideias de Piaget, refere-se, segundo Taille (1997, p. 32-33),

A um conjunto de teorias que afirmam que a evolução da inteligência é fruto da interação do sujeito com o meio, interação na qual, por meio de um trabalho ativo de ação e reflexão, ele cria ferramentas cada vez mais complexas para conhecer o universo. Portanto, o construtivismo opõe-se à ideia de que o conhecimento é mera cópia dos objetos percebidos ou dos discursos ouvidos: vale dizer que o construtivismo nega que a inteligência seja uma ‘página em branco’ na qual as diversas experiências ou lições simplesmente se escrevam e se acumulam linearmente durante a vida.

Esse entendimento dialoga diretamente com princípios das metodologias ativas, em especial a Cultura *Maker* e da abordagem STEM, nas quais o estudante é incentivado a experimentar, refletir e reconstruir seus conhecimentos em contextos significativos e práticos.

Complementando essa perspectiva, Lev Vygotsky acrescenta a dimensão social da aprendizagem ao afirmar que o desenvolvimento humano acontece por meio das interações com o outro e com a cultura. Seu conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) reforça a importância da mediação e da colaboração, mostrando que a aprendizagem é potencializada quando há cooperação e diálogo, que são aspectos fundamentais em metodologias que propõem o trabalho em grupo, projetos colaborativos e a resolução conjunta de problemas. Como explica Bacich (2020, p. 146), “o que o estudante é capaz de fazer com ajuda de um adulto ou outro estudante indica muito mais seu ‘nível’ de desenvolvimento do que a constatação daquilo que ele já sabe fazer sem ajuda”.

Além disso, Vygotsky entende que a construção do conhecimento implica uma ação compartilhada, uma vez que é por meio das interações sociais que se estabelecem as relações entre o sujeito e o objeto de conhecimento (Gonçalves; Silva, 2018). Esse processo evidencia que “a relação entre o sujeito e os objetos de conhecimento não é, portanto, uma relação direta, mas uma relação mediada” (Bacich, 2020, p. 147).

Essa valorização da mediação, do diálogo e da construção coletiva do conhecimento aproxima as ideias de Vygotsky da pedagogia de Paulo Freire, que amplia a dimensão social da aprendizagem para uma perspectiva ética e política, defendendo a educação como prática de liberdade. Ao propor uma educação libertadora, Freire rompe com a lógica da educação bancária e convoca educadores e educandos a construir juntos o conhecimento a partir da realidade vivida (Lima, 2020). Essa crítica à educação tradicional está centrada na ideia de que o modelo bancário reduz o processo educativo a uma transferência mecânica de conteúdos, “voltada apenas ao desenvolvimento de habilidades lógico-rationais em detrimento de outras dimensões fundamentais do ser humano, seja de natureza emocional, seja de natureza social, cultural, histórica, espiritual, corporal ou existencial” (Lima, 2020, p. 120).

Na concepção freireana, o estudante é visto como sujeito ativo e crítico de sua aprendizagem, sendo desafiado a superar obstáculos, resolver problemas e construir novos conhecimentos em diálogo com o outro e com a realidade. Como destaca Valente (2018, p. 28), para Freire, “o que os impulsiona no ensino é justamente a superação de desafios, a resolução de problemas e a oportunidade de construir novos conhecimentos”. Essa abordagem exige do educador uma postura de escuta e de abertura ao diálogo, elementos que, segundo Rocha

(2018), estão presentes em várias obras de Freire como fundamentos essenciais para uma prática educativa transformadora.

Dando continuidade a essas reflexões, Seymour Papert, influenciado por Piaget, acrescenta a dimensão tecnológica à discussão ao defender que os estudantes aprendem melhor quando engajados em projetos significativos, especialmente quando têm a oportunidade de utilizar ferramentas digitais para criar, simular e testar ideias. Sua proposta de construcionismo amplia o construtivismo piagetiano ao incorporar tecnologias digitais e ambientes computacionais como meios de aprendizagem, o que inspira práticas *maker*, o uso de robótica e espaços de aprendizagem que articula criatividade, resolução de problemas e pensamento computacional (Correa; Tomceac, 2020). Essas características enriquecem as abordagens ativas com uma dimensão contemporânea, alinhada às competências do século XXI.

O construcionismo, segundo Holanda e Bacich (2020, p. 38), envolve a “construção do conhecimento baseada na elaboração de algo palpável, contextualizado e de interesse do estudante”. Essa perspectiva reforça a importância do protagonismo estudantil e do trabalho com projetos, valorizando a aprendizagem que emerge do processo criativo e colaborativo. Entretanto, os autores alertam que “devemos cuidar para que o produto final não se torne o foco do projeto; o mais importante é o aprendizado construído ao longo das etapas que permitirá chegar ao produto final, ou seja, o que mais importa é o processo” (Holanda; Bacich, 2020, p. 38).

Essa abordagem dialoga diretamente com a Cultura *Maker* e a abordagem STEM, que priorizam a aprendizagem ativa e experiencial em contextos que integram Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática. Ao colocar os estudantes como criadores e solucionadores de problemas, essas práticas não apenas desenvolvem habilidades técnicas e cognitivas, mas também competências socioemocionais essenciais para a atuação crítica e criativa no mundo contemporâneo.

Posto isso, no Quadro 7 a seguir, apresentamos um esquema-resumo com as principais ideias de cada um desses teóricos, destacando suas contribuições para a compreensão de uma educação que rompe com as abordagens tradicionais e coloca o estudante no centro do processo de ensino e aprendizagem. Vale ressaltar que se trata apenas de alguns dos muitos autores que, em diferentes contextos históricos e culturais, defenderam a necessidade de práticas pedagógicas ativas, colaborativas e significativas, alinhadas aos desafios da formação integral no século XXI.

Teórico	Principais ideias
John Dewey	Defendeu uma educação vinculada à vida e à experiência, baseada na investigação e na resolução de problemas reais (<i>learning by doing</i>).
Jean Piaget	Propôs que o conhecimento é construído ativamente pelo estudante a partir da interação com o meio, valorizando o erro, a experimentação e o conflito cognitivo.
Lev Vygotsky	Destacou o papel das interações sociais e culturais no desenvolvimento humano, com ênfase na mediação, no diálogo e na Zona de Desenvolvimento Proximal.
Paulo Freire	Criticou a educação bancária e defendeu uma pedagogia libertadora, pautada no diálogo, na autonomia e na construção coletiva do conhecimento a partir da realidade.
Seymour Papert	Ampliou o construtivismo com o construcionismo, incorporando tecnologias digitais e defendendo projetos significativos que favorecem a criatividade e o pensamento crítico.

Fonte: elaborado pela autora

Assim, ainda que vindos de contextos históricos e culturais distintos, esses pensadores convergem na valorização de uma pedagogia centrada no sujeito que aprende, na experiência concreta, na interação com o outro e no compromisso com uma educação crítica, emancipadora e significativa. Segundo Moran (2018, p. 2), todos eles “têm mostrado como cada pessoa (criança ou adulto) aprende de forma ativa, a partir do contexto em que se encontra, do que lhe é significativo, relevante e próximo ao nível de competências que possui”. As metodologias ativas, portanto, não são apenas estratégias didáticas, mas desdobramentos de uma concepção de educação comprometida com a emancipação e com o desenvolvimento integral dos estudantes. A seguir discutiremos sobre o papel dos professores enquanto mediadores no processo de ensino e aprendizagem.

3.2.2 Papel do professor e mediação pedagógica

E se o professor não for mais o dono do saber? E se, em vez de transmitir, ele passar a provocar, instigar e mediar? Essas são algumas das perguntas que vêm desafiando a prática docente diante da emergência das metodologias ativas. Em um cenário em que o estudante

assume um papel de protagonista no processo de aprendizagem, o professor precisa reinventar sua atuação: não mais como transmissor de conteúdos prontos, mas como alguém que provoca reflexões, cria caminhos e acompanha percursos (Gonçalves; Silva, 2018). A mediação pedagógica, nesse contexto, se torna o eixo central da prática educativa.

Para compreender o papel do professor nos dias de hoje, passamos por algumas mudanças, não apenas social, cultural e tecnológica, mas também por diferentes concepções de como o processo de ensino e aprendizagem se dá diante de diversas transformações. Ao longo de séculos os professores continuam ensinando do mesmo modo, mas precisamos entender que o mundo mudou, e a partir dessas mudanças podemos perceber que o ensino também sofreu alterações.

Quando se começa a questionar o uso de abordagens tradicionais na sala de aula e damos destaque para as metodologias ativas, principalmente na intenção de fazer com que os alunos se tornem protagonistas do processo de ensino aprendizagem, críticos e participativos (Pires, 2020) é que começamos a questionar “o papel dos alunos e dos professores na imbricada arte de aprender e ensinar” (Pires, 2020, p. 53), e essa indagação

Pede uma mudança de postura, em que gradativamente o educador se posicione como um mediador, um parceiro na construção de conhecimento que não está no centro do processo. Quem está no centro, nessa concepção, são o aluno e as relações que ele estabelece com o educador, com os pares e, principalmente, com o objeto do conhecimento. (Bacich; Moran, 2018, p. xv).

Assumindo esse novo papel, os professores contribuem para que os alunos possam aprender através de experiências e vivências (Garofalo; Bacich, 2020), essa função, por sua vez, “requer conhecer o que está envolvido no processo de ensino e de aprendizagem além dos aspectos didáticos. Requer reconhecer um sujeito por inteiro, e não apenas sob a faceta de aluno” (Thadei, 2018, p. 94).

A adoção de metodologias ativas, da Cultura *Maker* e de práticas fundamentadas na abordagem STEM exige essa revisão das funções tradicionalmente atribuídas ao docente e aos discentes. Enquanto na abordagem tradicional o professor era compreendido como o centro do processo educativo, o detentor exclusivo do saber, o responsável por transmiti-lo linearmente aos estudantes, considerados receptores passivos, nas abordagens ativas ele assume esse papel de mediador, organizador de ambientes de aprendizagem, instigador de perguntas e facilitador de processos investigativos. Essa transformação não é meramente operacional, trata-se de uma mudança paradigmática, que envolve a própria concepção de conhecimento, de sujeito e de educação.

O conhecimento, nesse novo cenário, deixa de ser encarado como algo pronto e acabado, a ser simplesmente repassado e memorizado, além de considerado “fragmentado e afastado de conceitos mais contextualizados” (Lorenzin, 2020, p. 189). Em vez disso, ele passa a ser entendido como uma construção coletiva, situada e em constante reelaboração, vinculada à experiência, à prática e ao diálogo com o mundo, o qual é “construído na relação entre pessoas” (Garofalo; Bacich, 2020, p. 175). Consequentemente, o professor não é mais aquele que possui o saber “correto”, mas aquele que provoca o pensamento, amplia horizontes e cria situações didáticas que desafiam os alunos a se posicionarem criticamente diante da realidade, fazendo com que eles “construam conhecimento com sentido e significado, além do desenvolvimento de habilidades importantes para a vida em sociedade” (Lorenzin, 2020, p. 199).

Nesse sentido, a mediação pedagógica não é uma função acessória, mas sim o eixo central da prática docente em contextos que visam uma educação ativa, crítica e emancipadora. Mediar, nesse contexto, significa mais do que facilitar: trata-se de organizar intencionalmente situações de aprendizagem que permitam a problematização, a pesquisa, a colaboração, a experimentação e a autoria. Como aponta Freire (1996), o professor crítico é aquele que ensina ao mesmo tempo em que aprende, que provoca curiosidade, que estimula a autonomia, e que não teme a incompletude do saber, pelo contrário, assume-a como constitutiva da condição humana.

Essa postura rompe com a lógica vertical de transmissão e nos coloca diante de uma concepção horizontal, dialógica e ética da relação pedagógica. O professor-mediador se coloca no processo educativo: não está fora da cena, mas atua dentro dela, em diálogo constante com os estudantes, com os conteúdos, com a cultura e com as tecnologias.

Outro elemento fundamental da mediação no contexto desta pesquisa é a articulação entre diferentes saberes e áreas do conhecimento. A abordagem STEM, por exemplo, propõe uma integração entre disciplinas que tradicionalmente são tratadas de forma fragmentada, onde o conhecimento é “completamente separado por categorias e em caixas específicas” (Pugliese, 2020, p. 15). Nesse cenário, o professor precisa transitar entre linguagens, conteúdos e metodologias, assumindo o papel de conector de experiências e conhecimentos. A mediação passa a incluir também a curadoria de informações, a seleção criteriosa de recursos tecnológicos e a elaboração de situações-problema significativas.

Não se trata, no entanto, de desvalorizar o saber do professor, como se ele devesse apenas “acompanhar” os estudantes. Pelo contrário, a mediação pedagógica exige conhecimento profundo dos conteúdos, domínio de estratégias didáticas, sensibilidade para lidar com a diversidade, e uma postura ética e política que reconheça o potencial formativo de

cada estudante. Como afirma Soares (2021), o professor deve ser sujeito da sua prática, capaz de refletir, pesquisar e reinventar cotidianamente o fazer pedagógico.

Além disso, a mediação exige intencionalidade pedagógica clara, o professor precisa saber o que quer com cada proposta, por que está utilizando determinada metodologia, qual é o objetivo formativo daquela experiência. Não há espaço, portanto, para uma atuação improvisada ou meramente técnica. O mediador precisa ser também um arquiteto da aprendizagem, capaz de construir ambientes férteis onde o conhecimento possa emergir de forma colaborativa, situada e significativa.

A Cultura *Maker*, nesse contexto, traz implicações relevantes para a mediação docente. Ao valorizar o "aprender fazendo", o erro como parte do processo, a criatividade, a experimentação e o protagonismo do estudante (Mezzaroba, 2020). Ela desloca o professor para uma posição em que sua função não é mais explicar o que é certo, mas acolher as tentativas, orientar processos, estimular a persistência e a reflexão sobre a prática. É um papel exigente, pois implica abrir mão do controle total, confiar nos estudantes e permitir que o processo formativo ganhe contornos próprios.

Essa mediação também se faz presente na escuta ativa. Ouvir o que os estudantes trazem, suas dúvidas, hipóteses, leituras de mundo, experiências, não é um ato passivo (Soares, 2021). É uma escuta formadora, que orienta decisões pedagógicas e revela caminhos possíveis para o conhecimento. Ao escutar, o professor reconhece o outro como sujeito do processo e afirma sua presença no mundo como legítima e potente.

Por fim, é importante destacar que “a mediação não é considerada neutra” (Ribeiro; Novais, 2022, p. 74), ela é sempre atravessada por escolhas éticas, políticas e epistemológicas. Mediar é, também, escolher com quais valores se educa, quais discursos se legitimam, quais vozes se escutam e quais relações se constroem entre conhecimento, poder e transformação social. O professor, portanto, ao mediar, atua como agente de formação humana, como alguém que propõe sentidos, tenciona certezas e amplia as possibilidades de leitura e intervenção no mundo.

Diante dos desafios do século XXI, entre eles, a crise ambiental, a aceleração tecnológica e as desigualdades sociais, o papel do professor mediador torna-se ainda mais urgente. É ele quem pode criar condições para que a escola seja um espaço de resistência, de criação, de reflexão e de ação transformadora. Não se trata de preparar apenas para o mercado, mas de formar sujeitos capazes de pensar criticamente, colaborar, criar soluções sustentáveis e agir com responsabilidade social.

Em suma, o professor-mediador deixa de ser o centro da sala de aula para se tornar o centro do processo de formação humana. Não é menos importante por isso, pelo contrário, é mais essencial do que nunca. Sua presença, sua escuta, sua capacidade de provocar sentido e de sustentar processos de aprendizagem complexos são pilares de uma educação que pretende, mais do que ensinar conteúdos, formar sujeitos capazes de construir um mundo melhor. Na próxima subseção, aprofundaremos as metodologias e abordagens pedagógicas que fundamentam esta pesquisa, com destaque para a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), a Cultura *Maker* e a abordagem STEM. Essas perspectivas oferecem o suporte teórico necessário para compreender as práticas analisadas, por favorecerem uma educação ativa, colaborativa e alinhada às demandas contemporâneas de formação de sujeitos críticos e criativos.

É importante ressaltar, contudo, que o foco desta pesquisa não está em discutir a ABP de forma aprofundada, mas em compreender como ela serviu como alicerce metodológico para as propostas desenvolvidas. O objetivo central é analisar as potencialidades e desafios da Cultura *Maker* e da abordagem STEM no contexto investigado.

3.3 Aprendizagem Baseada em Projetos, Cultura *Maker* e STEM: aproximações e complementaridades

Com as transformações ocorridas no mundo nas últimas décadas, torna-se inegável a necessidade de olhar para dentro da escola e repensar práticas pedagógicas que respondam às demandas do estudante que adentra esse espaço e do sujeito que dele se forma (Soares, 2021). É nesse cenário de mudanças que ganham destaque abordagens como a ABP, a Cultura *Maker* e a abordagem STEM, as quais sustentam esta pesquisa ao proporem uma educação ativa, crítica e conectada aos desafios contemporâneos.

Mesmo tendo origens, ênfases e metodologias distintas, essas propostas compartilham princípios e objetivos comuns e podem ser usadas de modo complementar, potencializando suas características e o principal, o protagonismo dos alunos, promovendo uma aprendizagem ativa e significativa¹⁶, contextualizada à realidade dos alunos. Nessa subseção nos aprofundaremos nas ideias defendidas por cada uma, para que possamos entender e discutir suas diferenças e como essas propostas se complementam nesta pesquisa.

¹⁶ “A aprendizagem é ativa e significativa quando avançamos em espiral, de níveis mais simples para mais complexos de conhecimento e competência em todas as dimensões da vida. Esses avanços realizam-se por diversas trilhas com movimentos, tempos e desenhos diferentes, que se integram como mosaicos dinâmicos, com diversas ênfases, cores e sínteses, frutos das interações pessoais, sociais e culturais em que estamos inseridos” (Moran, 2018, p. 2).

Primeiramente, é importante ressaltar que cada pessoa aprende de uma maneira única, influenciada por suas experiências, interesses, ritmos e estilos de aprendizagem (Bacich; Moran, 2018) e, além disso,

Os processos de aprendizagem são múltiplos, contínuos, híbridos, formais e informais, organizados e abertos, intencionais e não intencionais. O ensino regular é um espaço importante, pelo peso institucional, anos de certificação e investimentos envolvidos, mas convive com inúmeros outros espaços e formas de aprender mais abertos, sedutores e adaptados às necessidades de cada um. (Moran, 2018, p. 3).

Indo ao encontro dessas ideias, Moran (2018) trata a aprendizagem ativa como uma alternativa para que possamos respeitar a individualidade dos alunos, já que para ele “a aprendizagem ativa aumenta a nossa flexibilidade cognitiva, que é a capacidade de alternar e realizar diferentes tarefas, operações mentais ou objetivos e de adaptar-nos a situações inesperadas, superando modelos mentais rígidos e automatismos pouco eficientes” (Moran, 2018, p. 3).

Considerando a necessidade de respeitar a individualidade e os diferentes ritmos de aprendizagem dos estudantes, faz-se necessário adotar estratégias que promovam maior engajamento e autonomia. É nesse contexto que a ABP se insere, configurando-se como uma metodologia de ensino potente para desenvolver competências cognitivas, sociais e emocionais por meio de situações autênticas de aprendizagem, articulando teoria e prática de maneira significativa. Além disso, a ABP “é um caminho para o ensino diferenciado, altamente recomendável para as salas de aula do século XXI” (Bender, 2014, p. 10).

A aprendizagem baseada em projetos (ABP) é um modelo de ensino que consiste em permitir que os alunos confrontem as questões e os problemas do mundo real que consideram significativos, determinando como abordá-los e, então, agindo cooperativamente em busca de soluções. (Bender, 2014, p. 9).

Indo ao encontro dessa definição, Bacich e Moran (2018, p. 16) afirmam que:

É uma metodologia de aprendizagem em que os alunos se envolvem com tarefas e desafios para resolver um problema ou desenvolver um projeto que tenha ligação com a sua vida fora da sala de aula. No processo, eles lidam com questões interdisciplinares, tomam decisões e agem sozinhos e em equipe. Por meio dos projetos, são trabalhadas também suas habilidades de pensamento crítico e criativo e a percepção de que existem várias maneiras de se realizar uma tarefa, competências tidas como necessárias para o século XXI. Os alunos são avaliados de acordo com o desempenho durante as atividades e na entrega dos projetos.

O surgimento da ABP se deu através da necessidade de atender às demandas da sala de aula do século XXI, como exposto por Bender (2014, p. 13) ao dizer que “as escolas enfrentam dificuldades para ensinar todos os alunos em um mundo de motivação restrita, baixo nível de habilidades de resolução de problemas, orçamentos extremamente limitados e tecnologias de

ensino em constante modificação”. Essa metodologia é vista como “uma das mais eficazes formas disponíveis de envolver os alunos com o conteúdo de aprendizagem” (Bender, 2014, p. 15).

A ABP constitui um importante elemento para a elaboração de projetos estruturados, que promovam o protagonismo dos estudantes e o desenvolvimento de competências como a cultura digital, a criatividade, a colaboração, a comunicação, o pensamento crítico e a responsabilidade social, também conhecidas como algumas das chamadas “habilidades para o século XXI” (Bacich; Holanda, 2020, p. 32).

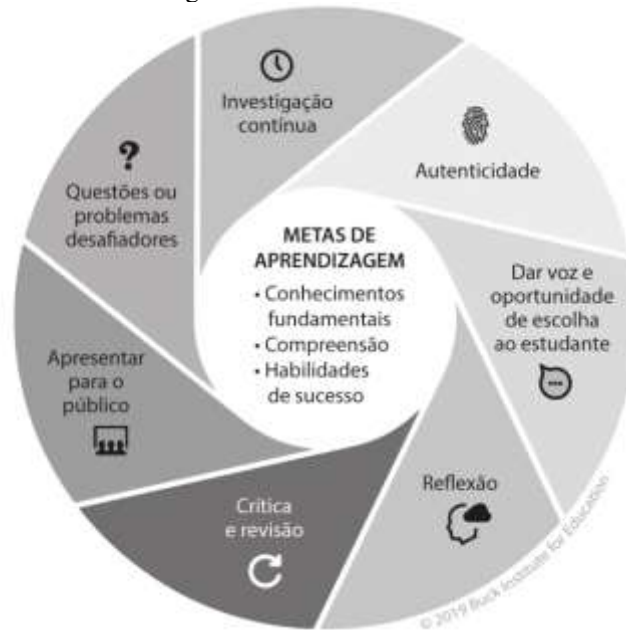
Complementando essa ideia, os autores ainda afirmam que:

Por se tratar de uma concepção mais sistematizada de projetos, a ABP contempla elementos que servem para nortear as ações e as aprendizagens dos estudantes. Conhecer esses elementos ajuda a refletir sobre o planejamento não como um passo engessado, mas como estratégias flexíveis que colaboram para que os objetivos de aprendizagem previstos sejam alcançados (Bacich; Holanda, 2020, p. 36).

Esses elementos, apresentados como premissas pedagógicas, funcionam como pilares para a organização das atividades dentro da ABP. Eles envolvem desde a formulação de problemas desafiadores, capazes de instigar a curiosidade e o pensamento crítico dos estudantes, até o estímulo à reflexão constante e à apresentação dos resultados para um público real, promovendo sentido e autenticidade ao processo de aprendizagem. Além disso, aspectos como a investigação contínua, a crítica e revisão dos trabalhos e a valorização da voz e das escolhas dos alunos configuram-se como componentes essenciais para potencializar uma aprendizagem ativa e significativa.

A figura 6 ilustra essas premissas da ABP, evidenciando como cada uma delas se conecta às metas de aprendizagem e contribui para o desenvolvimento de conhecimentos fundamentais, habilidades de compreensão e competências para o sucesso no século XXI:

Figura 6: Premissas da APB



Fonte: Bacich e Holanda (2020, p. 33)

Além das premissas apontadas por Bacich e Holanda (2020), a estrutura metodológica proposta por Bender (2014) reforça o caráter dinâmico e organizado da ABP. Segundo o autor, o processo envolve etapas interdependentes que dão sustentação à prática pedagógica: a identificação de problemas ou questões desafiadoras; o planejamento e definição de estratégias pelos alunos; a pesquisa e investigação, com levantamento e análise de informações; o desenvolvimento do projeto e a produção de soluções; a apresentação dos resultados à comunidade ou a um público mais amplo; e, por fim, a avaliação e reflexão crítica sobre o processo e os aprendizados obtidos. Essa organização torna a ABP uma metodologia potente para estruturar práticas pedagógicas inovadoras, favorecendo uma aprendizagem ativa, colaborativa e conectada ao mundo real.

A estrutura sistematizada da ABP, com suas premissas e etapas, oferece suporte metodológico sólido para integrar outras abordagens, como a Cultura *Maker* e a abordagem STEM. Essas, ao dialogarem com a ABP, ampliam o potencial de promover experiências educacionais que desafiam os alunos a pensar criticamente, resolver problemas complexos e agir de maneira criativa e colaborativa.

Compreendida a ABP como base metodológica, avançamos para a Cultura *Maker*, que se configura como um dos eixos centrais desta pesquisa. Ela se configura como um modo de pensar e agir, e

[...] emerge como uma abordagem inovadora, capaz de transformar a forma como ensinamos e aprendemos. Baseada nos princípios do "Faça Você Mesmo" (DIY) e do "Faça com os Outros" (DIWO), o cerne do maker reside na ideia de criar, inventar e produzir, o que vai muito além de simplesmente fabricar objetos. É uma abordagem

que incentiva as pessoas a se envolverem ativamente na criação de soluções para os desafios que encontram, promovendo a criatividade e o aprendizado prático (Oliveira et al, 2024, p. 2-3).

Essa perspectiva se ancora em pilares como a educação experimental, o construcionismo e a pedagogia crítica. Conforme destacam Brockveld, Silva e Teixeira (2018, p. 58), ressaltando que as estratégias *maker* “[...] têm agido a partir de pilares teóricos e pedagógicos: educação experimental; construcionismo; e pedagogia crítica.” Nesse sentido, o fazer ganha um significado mais profundo, não apenas como ação técnica, mas como experiência que transforma o pensamento e amplia as possibilidades de aprendizagem.

A Cultura *Maker* também provoca uma mudança de postura no estudante, estimulando-o a ser protagonista do processo do seu processo de aprendizagem. Ao colocar “a mão na massa” (*hands-on*), os alunos desenvolvem autonomia, pensamento crítico e habilidades de resolução de problemas, além de trabalharem colaborativamente na busca por soluções criativas (Azevêdo, 2019). Essa abordagem, portanto, rompe com a lógica tradicional de consumo e reprodução de conhecimento, e aproxima a escola da nossa realidade, marcada por mudanças tecnológicas e sociais, indo ao encontro do que é defendido por Brockveld, Silva e Teixeira, (2018, p. 59), ao trazer que “a educação associada ao movimento *maker* é diferenciada em relação às aulas tradicionais porque o aluno adquire ferramentas para compreender e aprimorar os conhecimentos recebidos nas aulas expositivas, ou seja, o estudante aprende a aprender.”

Essa abordagem se caracteriza por estimular a autonomia e o protagonismo, convidando as pessoas a criarem, modificarem e consertarem objetos com as próprias mãos, o que provoca uma transformação significativa na maneira de pensar e agir (Brockveld; Silva; Teixeira, 2018). Mais do que uma prática, a Cultura *Maker* assume um compromisso social ao “promover soluções para problemas reais, considerando a melhoria da qualidade de vida das pessoas e respeitando os aspectos culturais e sociais do contexto em que são inseridas” (Conrado; Venancio, 2022, p. 215).

Nesse sentido, destacam Correa e Tomceac (2020, p. 74), que “uma das lógicas por trás desse pensamento é a ideia de que não precisamos mais comprar utensílios ou ferramentas e de que podemos, sim, desenvolver nossas próprias soluções, saindo da lógica do consumismo para uma prática de criação”, mostrando que não é necessário adquirir novos utensílios objetos se é possível criá-los e adaptá-los conforme as nossas necessidades. Essa perspectiva transforma a sala de aula em um espaço de experimentação e invenção, onde os estudantes são convidados a resolver problemas do seu cotidiano com criatividade e senso crítico, sem abandonar os conceitos e teorias que fundamentam suas práticas. O foco, portanto, desloca-se do produto

final para o processo e o percurso de aprendizagem, valorizando a funcionalidade e a reflexão crítica sobre o fazer. Sobre esse aspecto, Correa e Tomceac (2020, p. 74) explicam que:

A cultura maker enfatiza que os estudantes podem se envolver com projetos e resolver problemas de seu entorno com criatividade e bastante senso do fazer sem que precisem abandonar teorias e conceitos que os fundamentam. Logo, o que conta nesse tipo de abordagem é o processo e o percurso de aprendizado realizados, dando menor relevância para o produto final, desde que seja funcional.

Assim, ela se revela como um movimento que valoriza a colaboração, o compartilhamento e a colaboração para a construção de novas soluções, processos e produtos. Como afirmam Bacich e Moran (2018), as sociedades mais dinâmicas são aquelas que incentivam o empreendedorismo e a criatividade, fomentando espaços para o desenvolvimento de competências fundamentais no século XXI.

Embora a Cultura *Maker* já promova aprendizagens significativas por meio da “mão na massa”, é a partir da abordagem STEM¹⁷ que essa experiência prática se ancora em fundamentos científicos e tecnológicos, tornando-se ainda mais potente. Por isso, compreender o que é STEM e como essa abordagem se estrutura é essencial para entendermos os caminhos formativos propostos nesta pesquisa.

O termo STEM surgiu nos Estados Unidos, agrupando as iniciais de quatro áreas, Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática e tem “sido considerada uma forma de oferecer maiores oportunidades para os estudantes se prepararem para os desafios do futuro, envolvendo a investigação, o pensamento crítico, a inovação” (Bacich; Holanda, 2020, p. 2), desenvolvendo competências e habilidades dessas quatro áreas de conhecimento. A ideia que ampara essa abordagem é antiga e surgiu durante a corrida tecnológica (Pugliese, 2020), sendo desenvolvida e “melhorada” ao longo dos anos, até chegar no que conhecemos hoje.

Embora não apresente uma definição única, busca compreender a realidade de forma ampla e resolver alguns de seus problemas com o uso e a aplicação dos conhecimentos de Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática. Alinhadas às habilidades de interpretação, comunicação, análise e síntese, as quatro áreas do STEM possibilitam a aplicação de conceitos para a produção de novos conhecimentos e tecnologias. Além disso, permitem desenvolver a observação, o questionamento e a resolução de problemas no processo de ensino e aprendizagem (Lorenzin; Assumpção; Bizerra, 2018, p. 204).

Essa abordagem vem com o objetivo de “romper com um modelo de ensino no qual o aluno recebe o conhecimento de forma passiva, substituindo-o por um modelo que se propõe a ser ativo e desafiante, o que também explica uma relação muito próxima com a aprendizagem

¹⁷ Neste trabalho, utiliza-se a sigla STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics), sem a inclusão do “A” (Artes), uma vez que o foco está direcionado para as interrelações entre Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática no desenvolvimento das propostas pedagógicas.

baseada em projetos e problemas” (Pugliese, 2020, p. 15). Essa perspectiva exige uma organização curricular que transcenda a fragmentação das disciplinas, favorecendo a construção de um currículo interdisciplinar e contextualizado.

Diferentemente de um currículo escolar disciplinar, com a disciplina de ciências e a disciplina de Matemática, em geral STEM education é colocado de maneira integrada, como se STEM fosse um único bloco no currículo escolar. A ideia aqui é que, por meio da concepção da proposta, o aluno consiga ver melhor a relação do que estuda em Matemática com o que estuda em química, por exemplo. Uma velha constatação geral era a de que até então os alunos não viam conexão alguma entre algo que é ensinado em uma disciplina e outra, como se o conhecimento fosse completamente separado por categorias e em caixas específicas. No STEM education, pode-se dizer que há uma intencionalidade em romper com essa segregação (Pugliese, 2020, p. 17).

Complementando essa ideia, Holanda e Bacich (2020, p. 29) afirmam que “essa abordagem não é um currículo: é uma forma de organizar e promover aprendizagem. Não é algo que pode ser somado em uma atividade, mas uma atividade que ajudará estudantes a enxergar relevância no que aprendem”, na qual as atividades

Têm como objetivo uma construção em que o estudante deverá aplicar os conhecimentos das áreas envolvidas no acrônimo para elaborar uma solução, geralmente focada em um contexto real. O grande desafio na elaboração dessas atividades é fazer esse momento ser uma aplicação e um aprofundamento de conhecimentos científicos, e não apenas uma produção a ser realizada e descontextualizada (Holanda; Bacich, 2020, p. 29).

Mesmo que cada uma dessas abordagens tenha suas especificidades, é na interação entre elas que reside um enorme potencial pedagógico. A ABP oferece uma estrutura didática sólida para desenvolver projetos significativos com intencionalidade pedagógica. A Cultura *Maker*, por sua vez, promove o pensamento criativo, a materialização de ideias e o engajamento ativo dos estudantes. Já a abordagem STEM amplia essas possibilidades ao articular saberes científicos, tecnológicos, matemáticos e de engenharia, conectando-os a problemas reais do cotidiano.

Como destacam Bacich e Holanda (2020, p. 7), a ABP e o STEM têm alguns elementos em comum, como

A elaboração de uma pergunta norteadora, que terá como objetivo dirigir a investigação dos estudantes; um contexto autêntico capaz de engajar os estudantes, de preferência relacionado a um problema real; uma sequência de etapas organizadas para a exploração do conhecimento científico e para a produção dos estudantes; um produto final, geralmente um artefato que permita a aplicação das ideias da engenharia; e, por fim, a comunicação do projeto, para compartilhar com a comunidade e sistematizar suas aprendizagens.

Esse alinhamento reforça como as três abordagens compartilham princípios como investigação, protagonismo estudantil e resolução de problemas, embora cada uma traga suas ênfases e especificidades. Nesse sentido, Pugliese (2020, p. 15) observa que “embora o

movimento *maker* pareça ter uma ênfase maior no aspecto construtivo, o movimento STEM tende a ter uma ligação maior com o currículo”, indicando que, apesar das diferenças, ambas as perspectivas se complementam. Essa diferença aponta para uma complementaridade possível e desejável: enquanto o *maker* convida o estudante a explorar com as mãos, criando e experimentando, o STEM proporciona a estrutura para conectar essas práticas a conhecimentos científicos e tecnológicos de forma integrada.

A relação entre essas abordagens, porém, não é rígida. Pugliese (2020, p. 20) esclarece que

O movimento maker é mais um estilo de pensar, uma forma de operar os processos e desafios em sala de aula, enquanto o STEAM education têm preocupações mais gerais com o contexto ao redor dos conteúdos e, novamente, com os aspectos político-curriculares. É preciso ficar claro, contudo, que não há fronteiras delimitadas precisamente entre um e outro. Todavia, como é possível notar no Brasil, o movimento STEAM education veio de certa forma embarcado junto com o movimento maker, o qual, por sua vez, teve maior popularidade nas escolas – pelo menos no que tange ao termo maker.

Essa interação entre ABP, Cultura *Maker* e STEM também permite ir além da simples execução de tarefas. Como explica Pires (2020, p. 63), trata-se “do aluno estar em ação, do aluno estar ativo, não apenas executando uma ação, mas em um processo com etapas finamente planejadas (pelo professor) para promover a construção do conhecimento e a exploração dos conceitos essenciais de ciências.”

Entretanto, é importante reconhecer que “STEM não é a solução para todos os problemas interdisciplinares” (Pugliese, 2020, p. 20), nem mesmo a Cultura *Maker*. Essa ressalva reforça a necessidade de uma abordagem crítica e contextualizada, que valorize a experiência do professor e as especificidades de cada realidade escolar.

Ainda assim, a interação entre essas abordagens revela-se como um caminho promissor para o engajamento e a aprendizagem significativa dos estudantes. Lima (2020, p. 124) afirma que “as aulas nas propostas STEM e STEAM (com o acréscimo do A, à sigla STEM, para arte e design) são essencialmente ‘mão na massa’. Nessas aulas, o aluno não é espectador passivo, mero observador, mas protagonista das atividades, participando da construção de seu próprio conhecimento”, indo ao encontro das propostas *makers*.

Porém, Holanda e Bacich (2020, p. 29) reforçam que:

[...] apenas a construção não garante o aprofundamento de conceitos científicos, e estamos tratando de uma atividade muito mais relacionada com a educação maker do que de uma que promova a exploração de objetos de conhecimento de ciências, artes ou Matemática. No entanto, ao propor a investigação das propriedades dos materiais utilizados [...], ao envolver os estudantes na pesquisa de modelos, ao sugerir a coleta, a análise e a comparação de dados, um desafio como esse assume um papel de conexão entre as áreas do STEAM.

Esse apontamento reforça a necessidade de um equilíbrio entre a prática construtiva e a investigação conceitual. Embora a Cultura *Maker* valorize o fazer com as mãos e a materialização de ideias, trabalhar com a abordagem STEM possibilita ancorar essas práticas em fundamentos científicos e tecnológicos, garantindo que os estudantes não apenas construam, mas também compreendam profundamente os conceitos envolvidos. Essa perspectiva vai ao encontro do papel do professor como mediador, que planeja experiências significativas com intencionalidade pedagógica e orienta os alunos na conexão entre teoria e prática.

É a partir dessa compreensão que esta pesquisa defende a importância de articular Cultura *Maker* e STEM no contexto escolar, mesmo diante de críticas que apontam para a ausência de uma abordagem STEM formalizada no currículo. Assim, entendemos que, ao integrar essas práticas com conceitos das áreas científicas e tecnológicas, os alunos ampliam sua capacidade de investigar, questionar, analisar e propor soluções fundamentadas para problemas reais. Trata-se, portanto, de potencializar a “mão na massa” com a “mente na massa”, garantindo não apenas o engajamento, mas também o aprofundamento teórico necessário para uma aprendizagem crítica e transformadora.

Dessa forma, unir ABP, Cultura *Maker* e STEM representa mais do que uma soma de metodologias e abordagens: é a criação de um ecossistema pedagógico onde os estudantes são convidados a investigar, criar e transformar. Essa articulação rompe com a lógica fragmentada do ensino tradicional, favorecendo a interdisciplinaridade, o protagonismo estudantil e a construção de aprendizagens mais significativas e duradouras.

3.4 Programa de Ensino Integral

Nesta subseção, mostramos quais são as ideias principais e algumas orientações para as escolas que fazem parte do Programa de Ensino Integral (PEI). Também explicamos como o componente Projeto de Vida e as disciplinas eletivas são organizados, pois consideramos que esses são aspectos importantes a serem destacados nesta dissertação.

3.4.1 O Programa Ensino Integral

Em 2011, foi instituído pelo Decreto nº 57.571, de 2 de dezembro de 2011, o Programa Educação Compromisso de São Paulo, com o objetivo de “lançar as bases de um novo modelo de escola e de um regime mais atrativo na carreira do magistério” (São Paulo, 2014, p. 6). Focando na melhoria da qualidade de ensino e desempenho dos alunos foram lançadas algumas iniciativas, como o PEI, instituído pela Lei Complementar nº 1.164, de 4 de janeiro de 2012, alterada pela Lei Complementar nº 1.191, de 28 de dezembro de 2012, como sendo:

Uma alternativa para adolescentes e jovens ingressarem numa escola que, ao lado da formação necessária ao pleno desenvolvimento de suas potencialidades, amplia as perspectivas de autorrealização e exercício de uma cidadania autônoma, solidária e competente. O Programa Ensino Integral oferece também aos docentes e equipes técnicas condições diferenciadas de trabalho para, em regime de dedicação plena e integral, consolidar as diretrizes educacionais do novo modelo de escola de tempo integral e sedimentar as possibilidades previstas para sua expansão (São Paulo, 2014, p. 7).

Desde então, o programa passou por avanços e ajustes normativos, sendo atualmente fundamentado no Decreto nº 66.799, de 31 de maio de 2022, o qual impulsionou um novo processo de expansão no número de escolas participantes. Para o Modelo Pedagógico e de Gestão do Programa Ensino Integral, (São Paulo, 2023, p. 3),

O Programa Ensino Integral define não apenas o tempo da jornada ampliada dessas escolas, mas também a sua metodologia, o Modelo Pedagógico e o Modelo de Gestão escolar. Esse modelo de escola propicia aos seus estudantes, além da jornada ampliada, um currículo que contém na sua parte diversificada composta por: Língua Inglesa, Tecnologia e Inovação, Projeto de Convivência, Assembleia, Linguagens Artísticas, Cultura do Movimento, Orientação de Estudos e Práticas Experimentais, oportunidades para aprender e vivenciar práticas que irão apoiá-los integralmente, com experiências em concepções democráticas, desenvolvimento e a consolidação de conhecimentos, valores e atitudes.

Segundo o Decreto nº 57.571 (São Paulo, 2014, p. 10), trata-se de “um passo significativo na consolidação dos princípios que sustentam sua política educacional, em direção à educação integral dos seus alunos”. O PEI consolida essa proposta ao estruturar sua ação com base na garantia de uma formação que contemple todas as dimensões do ser humano, prezando tanto pela inclusão quantitativa (educação para todos) quanto pela qualidade (educação que desenvolva todas as dimensões da formação do educando). Nessa perspectiva, o PEI se fundamenta no Modelo Pedagógico orientado por alguns princípios, sendo o primeiro os Quatro Pilares da Educação para o Século XXI, definidos pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO).

Segundo essa concepção, a educação se fundamenta em quatro pilares: “aprender a conhecer”, “aprender a fazer”, “aprender a conviver” e “aprender a ser”. Esse conceito foi definido na década de 1990 e ainda hoje é utilizado como referência para a elaboração de políticas curriculares em diversos países. No PEI, o desenvolvimento das competências associadas aos Quatro Pilares da Educação é considerado a base para a formação integral dos estudantes. De acordo com o Modelo pedagógico e de gestão do Programa Ensino Integral, são elas:

Aprender a conhecer: competência cognitiva (domínio da leitura, da escrita, da expressão oral, do cálculo e da solução de problemas, desenvolvimento da compreensão da realidade e do senso crítico);

Aprender a fazer: competência produtiva (capacidade de colocar em prática os conhecimentos adquiridos, de agir sobre o meio);

Aprender a conviver: competência social e relacional (capacidade de comunicar-se, interagir, participar, cooperar, gerir e resolver conflitos, respeitar e valorizar as diferenças);

Aprender a ser: competência pessoal (agir com autonomia, solidariedade, discernimento e responsabilidade, descobrir-se, desenvolver a personalidade e a autoestima) (São Paulo, 2023, p. 4).

Os Quatro Pilares da Educação são fundamentais para orientar as práticas escolares, pois garantem que a formação dos estudantes seja completa e integrada. Além desses pilares, o PEI também se apoia em outros princípios e premissas importantes, que complementam e enriquecem as ações desenvolvidas nas escolas, como mostrados no quadro 8 abaixo:

Quadro 8: Princípios e premissas do PEI

Pedagogia da presença	A pedagogia da presença valoriza a escuta, o vínculo e a atenção genuína ao outro no processo educativo. Parte do princípio de que ensinar é mais do que transmitir conteúdos, é estar presente de forma afetiva, ética e comprometida com o desenvolvimento integral do estudante. É uma pedagogia que reconhece o estudante como sujeito e aposta na construção de sentido na relação entre educador e educando. “Assim, a Pedagogia da Presença é um exercício de abertura, compromisso e reciprocidade do educador com o educando: abertura, porque se propõe a ver; compromisso, porque se propõe a cuidar; reciprocidade, porque se propõe a perceber o estudante como a centralidade do Programa” (São Paulo, 2023, p. 5).
Educação Interdimensional	“A Educação Interdimensional parte do pressuposto de que não há preponderância de uma dimensão sobre a outra, buscando, assim, a integração entre as diferentes dimensões constitutivas do indivíduo durante o processo formativo. As dimensões são: racionalidade, afetividade, impulsividade/corporalidade e transcendência/transcendentalidade” (São Paulo, 2022, p.13), todas consideradas igualmente relevantes para assegurar uma formação integral, que contemple a complexidade do ser humano em suas múltiplas expressões e potencialidades.
Protagonismo juvenil	O aluno é colocado como “objeto das ações desenvolvidas na escola, mas, ao mesmo tempo, é o sujeito que é estimulado a agir com autonomia” (São Paulo, 2022, p.13) e com isso é necessário “promover a criação de espaços e condições que possibilitem aos estudantes o envolvimento em atividades direcionadas à solução de problemas reais, em que eles atuem como fonte de iniciativa, liberdade e compromisso, favorecendo a participação individual e o trabalho em equipe na relação com o conhecimento” (São Paulo, 2023, p.6).

Protagonismo	Segundo São Paulo (2022, p.14) “o Protagonismo é considerado em duas perspectivas: a do estudante, que passa a atuar como sujeito das ações na escola, além de ser autor do seu projeto de vida, e a do educador, que também é sujeito das ações pedagógicas desenvolvidas na escola e responsável pelo aperfeiçoamento constante de sua formação e de sua prática”, consolidando, assim, uma visão de protagonismo que abrange toda a comunidade escolar e favorece processos educativos mais autônomos, reflexivos e transformadores.
Formação continuada	A formação continuada, no contexto do Programa Ensino Integral, é entendida como um processo essencial para o crescimento profissional e pessoal de educadores e gestores. Mais do que uma exigência institucional, ela se torna parte da cultura da escola, fortalecendo práticas reflexivas e colaborativas. Como destaca o documento, “as escolas do Programa Ensino Integral devem se constituir em ambientes de aprendizagem permanente” (São Paulo, 2023, p. 8). Assim, o compromisso com a própria formação torna-se também um ato de corresponsabilidade com o coletivo escolar e com a qualidade da educação.
Corresponsabilidade	A corresponsabilidade no Programa Ensino Integral envolve toda a comunidade escolar no compromisso com a aprendizagem dos estudantes. Essa premissa exige o engajamento coletivo na busca por soluções e estratégias que favoreçam o processo educativo, considerando espaços como reuniões de planejamento, encontros com famílias e demais momentos escolares. Trata-se de uma postura ativa, em que cada integrante contribui com seus saberes e experiências em favor do bem comum e da proposta pedagógica, visando ao desenvolvimento integral dos estudantes em suas dimensões cognitivas e socioemocionais (São Paulo, 2023).
Excelência em gestão	Segundo São Paulo (2022), no contexto do Programa Ensino Integral, a gestão escolar orienta suas ações com base nas metas previstas no Plano de Ação, um instrumento elaborado anualmente e revisado periodicamente, que permite o acompanhamento sistemático das práticas da escola com o objetivo de aprimorar a qualidade do trabalho desenvolvido pela equipe escolar.
Replicabilidade	Essa diretriz promove a troca de experiências e recursos entre professores e gestores da mesma escola e também entre diferentes unidades da rede, com a intenção de compartilhar boas práticas, qualificar as ações pedagógicas e contribuir para a melhoria da qualidade do ensino, além de ampliar a visibilidade positiva do Programa Ensino Integral (São Paulo, 2023)

Fonte: elaborado pelo autor

Diante do exposto, fica evidente que os princípios e premissas do Programa Ensino Integral constituem a base que sustenta suas ações pedagógicas, com foco no desenvolvimento integral dos estudantes e na centralidade do Projeto de Vida como eixo articulador do currículo. A partir dessa fundamentação, o PEI busca integrar as diretrizes da BNCC à Parte Diversificada do currículo, promovendo uma proposta educativa alinhada às competências gerais e aos desafios contemporâneos da formação humana. De acordo com o Currículo Paulista, “esta Parte Diversificada é composta pelos seguintes componentes: Projeto de Vida, Eletivas, Tecnologia e Inovação, Práticas Experimentais, Orientação de Estudos e Protagonismo Juvenil” (São Paulo, 2022, p. 17). Entre esses, os três primeiros, Projeto de Vida, Eletivas e Tecnologia e Inovação, tornaram-se obrigatórios para todas as escolas estaduais paulistas do Ensino Fundamental Anos Finais e Ensino Médio, não apenas para aquelas vinculadas ao PEI.

Nessa direção, o Estado de São Paulo almeja tornar o percurso do Ensino Médio mais atraente para seus jovens estudantes pois, embora tenhamos apresentado avanços nos índices de aprendizagem, ainda temos taxas significativas de evasão e abandono. Diversificar o Ensino Médio e atender às expectativas do projeto de vida do estudante – independentemente da sua escolha para a vida acadêmica ou para o mundo do trabalho – pode ser uma alternativa para reduzir a evasão escolar e possibilitar a construção de competências e habilidades para o século XXI (uso de tecnologia, mídias, competências socioemocionais, entre outras). (São Paulo, 2022, p. 31).

Nesse contexto, a integração entre a BNCC e a Parte Diversificada no âmbito do PEI não apenas amplia as possibilidades formativas, mas também garante que os estudantes desenvolvam as competências gerais previstas no documento nacional, como o pensamento crítico, a responsabilidade, a autonomia e a cultura digital. Ao articular essas competências com os interesses e aspirações dos estudantes, expressos no Projeto de Vida, o currículo ganha maior significado, promovendo uma aprendizagem contextualizada, conectada à realidade dos jovens e orientada para os desafios do século XXI. Para que se consiga “promover a melhoria da qualidade do ensino e a formação integral dos estudantes” (São Paulo, 2022, p. 25) de acordo com o Currículo Paulista, foi necessário seguir um Modelo de Gestão, estruturado a partir do método PDCA, Plan (planejar), Do (fazer), Check (checar), Act (agir), que segundo o Modelo pedagógico e de gestão do programa ensino integral (São Paulo, 2023, p.11),

O uso da metodologia PDCA permite a participação e a responsabilização de todos os envolvidos, em planejar, desenvolver, monitorar e avaliar resultados, com o objetivo de corrigir os rumos e tomar novas decisões, tornando as ações pedagógicas mais efetivas e possibilitando o cumprimento das metas estabelecidas.

Essa abordagem visa garantir a melhoria contínua dos indicadores educacionais, partindo da lógica de uma gestão democrática e voltada para os resultados da aprendizagem.

As ações são organizadas em Procedimentos Passo a Passo¹⁸ (PPP), que compõem o Plano de Ação anual da escola que, de acordo com Currículo Paulista (São Paulo, 2022, p. 32)

É um documento democrático e participativo, elaborado anualmente e de forma coletiva por toda a comunidade escolar sob a coordenação do Diretor e com a cooperação do Supervisor de Ensino. Esse documento é uma ferramenta de planejamento e monitoramento das ações desenvolvidas na escola, cujo objetivo é promover a eficácia do trabalho pedagógico, garantindo a melhoria da qualidade do ensino oferecido nas escolas do Programa Ensino Integral.

Posto isso, os Planos de Ação das escolas vinculadas ao PEI são construídos coletivamente pela equipe escolar, com base em objetivos estratégicos que visam à melhoria contínua das práticas pedagógicas e de gestão. Cada ação prevista nesses planos é detalhada por meio de um PPP, estruturado a partir da metodologia PDCA. Acompanhando esse processo, a equipe de implementação do Programa propõe uma agenda sistemática de visitas e registros, com o intuito de monitorar o desenvolvimento das ações e promover ajustes necessários. Essa dinâmica cíclica é considerada essencial para o aprimoramento constante e para o sucesso da proposta do Programa Ensino Integral. A seguir, no Quadro 9, detalharemos cada etapa do PDCA, de acordo com o Modelo pedagógico e de gestão do programa ensino integral (São Paulo, 2023):

Quadro 9: Etapas do PDCA

Etapa	descrição
Planejar	Estabelecer plano de ação
Fazer	Colocar o plano de ação em prática
Checar	Acompanhar os resultados
Agir	Corrigir os rumos quando necessário e replicar as boas práticas

Fonte: elaborado pela autora

Contudo, embora o modelo do PEI esteja ancorado em fundamentos pedagógicos sólidos e pretenda promover uma formação integral, ele também tem sido alvo de críticas e questionamentos. Girotto e Cássio (2018) destacam que, embora o Programa Ensino Integral tenha como proposta aproximar os jovens do planejamento de seu futuro acadêmico e profissional, a ampliação da carga horária e as exigências do modelo acabam por restringir o acesso de estudantes de perfis socioeconômicos mais vulneráveis, contribuindo para a evasão escolar e para a mudança do perfil dos alunos atendidos pelo programa.

¹⁸ “Instrumentos de gestão utilizados para apoiar as escolas do Programa Ensino Integral na elaboração, desenvolvimento e monitoramento das ações apontadas no Plano de Ação. Cada PPP é estruturado em passos baseados no método PDCA” (São Paulo, 2022, p. 35).

Essas observações levantam reflexões importantes sobre o impacto do PEI na redução (ou ampliação) das desigualdades educacionais. Apesar disso, reconhece-se que o programa representa uma alternativa valiosa para a promoção de uma educação mais abrangente e significativa, oferecendo aos jovens um espaço de desenvolvimento pessoal, social e profissional. Segundo o próprio documento orientador do programa, o PEI tem como missão “proporcionar a formação de sujeitos autônomos, solidários e competentes, considerando as dimensões pessoal, social e profissional, por meio da organização do currículo e dos tempos e espaços adequados para a consolidação de conhecimentos, valores e hábitos” (São Paulo, 2022, p. 5).

Portanto, a análise do PEI deve considerar tanto seus avanços quanto suas limitações, especialmente no que se refere à equidade no acesso e à viabilidade de sua implementação em diferentes contextos escolares. A proposta de uma escola em tempo integral, articulada aos pilares da educação da UNESCO, pode representar uma transformação significativa no sistema educacional, desde que acompanhada de políticas públicas que garantam suporte, infraestrutura e condições reais de permanência e participação para todos os estudantes.

3.4.2 O Componente Curricular Projeto de Vida no Currículo Paulista

O Projeto de Vida (PV) ocupa um papel de destaque no Currículo Paulista, sendo considerado o eixo articulador das ações pedagógicas nas escolas da rede pública estadual nos Anos Finais do Ensino Fundamental e no Ensino Médio, surgindo através da “necessidade premente de repensar o atual modelo de escola e redesenhar o papel que essa instituição deve ter na vida e no desenvolvimento dos jovens do século XXI” (São Paulo, 2020, p. 1). Sua função vai além de uma simples disciplina: trata-se de um espaço privilegiado para o desenvolvimento de competências socioemocionais, da autonomia e da consciência crítica dos estudantes, em diálogo com suas trajetórias pessoais, acadêmicas e profissionais. De acordo com as Diretrizes Curriculares,

O componente curricular Projeto de Vida busca oferecer aos estudantes paulistas condições de se posicionarem diante dos contextos e dos desafios, limites e possibilidades deste século. Nessa direção, uma condição imprescindível para desenvolver essa postura nos estudantes é que o professor tenha em mente o compromisso de ajudá-los a formular seu Projeto de Vida, o qual passa a ser considerado a expressão da visão que ele constrói de si em relação ao seu futuro. Desse modo, tal projeto demanda dos alunos a definição de seus próprios caminhos, os quais podem ser percorridos a curto, médio e longo prazo (São Paulo, 2020, p. 2).

Segundo as Diretrizes do Programa de Ensino Integral, o Projeto de Vida é compreendido como "o foco para o qual devem convergir todas as ações educativas do projeto

escolar, sendo construído a partir do provimento da excelência acadêmica, da formação para valores e da formação para o mundo do trabalho" (São Paulo, 2014, p. 18). Dessa forma, o PV articula-se com todas as áreas do conhecimento, funcionando como eixo transversal que dá sentido à formação integral dos estudantes, alinhando seus interesses pessoais às exigências sociais e às possibilidades de transformação da realidade.

A BNCC, ao estabelecer as competências gerais da Educação Básica, sustenta o PV por meio da competência geral 6, que orienta a necessidade de

Valorizar a diversidade de saberes e vivências culturais e apropriar-se de conhecimentos e experiências que lhe possibilitem entender as relações próprias do mundo do trabalho e fazer escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade. (São Paulo, 2020, p. 2).

Essa competência evidencia que o Projeto de Vida não se reduz ao planejamento de carreira, mas implica uma reflexão ampla sobre o sentido da vida, os valores pessoais e coletivos, as relações humanas e as perspectivas de futuro. Esse entendimento dialoga diretamente com a ideia de que

Não basta que a escola ofereça boas aulas, é igualmente necessário que haja interesse por parte dos jovens em participar ativamente do processo ensino e de sua aprendizagem. Esse interesse recebe um importante reforço quando o jovem possui um projeto, um objetivo, um desejo direcionado, bem como a consciência de que a realização de seus sonhos depende daquilo que ele puder aprimorar de si mesmo, com a escola. Assim, cabe à escola oferecer recursos para que os jovens consigam atingir seu objetivo final. O aluno, ao querer o fim (seu projeto de vida, a realização dos seus sonhos), passa a querer os meios (as atividades escolares). (São Paulo, 2014, p. 19).

Essa concepção se concretiza na dinâmica de Acolhimento¹⁹, onde os alunos são recepcionados por jovens que já passaram por esse processo, para que recebam

As primeiras orientações acerca dos fundamentos e princípios do Ensino Integral e, por meio de dinâmicas de grupo são levados a refletir sobre o que esperam da vida, e ao final dessa atividade cada aluno será capaz de escrever um primeiro rascunho de seu Projeto de Vida, isto é, colocar no papel quais são seus sonhos, bem como o que precisam fazer para que eles se tornem realidade. Isso marca o início de um processo colaborativo entre o aluno e a escola. (São Paulo, 2014, p. 19).

Na prática pedagógica, o componente é estruturado para atender às especificidades das diferentes etapas de escolarização. Nos Anos Finais do Ensino Fundamental, o enfoque está na construção do autoconhecimento, no fortalecimento da autoestima e na valorização dos vínculos familiares, escolares e comunitários. Os estudantes são incentivados a pensar sobre

¹⁹ “O Acolhimento é a primeira etapa da construção do projeto de vida dos alunos que ingressam no Ensino Integral. Em razão disso ele é a primeira atividade pedagógica do ano letivo das escolas de Ensino Integral e um importante diferencial do Programa” (São Paulo, 2014, p. 21)

quem são, o que valorizam e quais caminhos desejam percorrer, promovendo uma preparação gradativa para escolhas mais complexas.

Já no Ensino Médio, o Projeto de Vida ganha um caráter mais direcionado, especialmente no que se refere à tomada de decisões conscientes sobre o futuro acadêmico e profissional. As aulas de PV abordam temas como escolha de itinerários formativos²⁰, preparação para o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), vestibulares, mercado de trabalho, empreendedorismo, e questões éticas e sociais que permeiam a vida adulta. Esse processo busca ajudar os alunos a desenvolverem projetos que sejam coerentes com seus desejos, mas também comprometidos com o bem comum. Além disso, o PV é um dos elementos essenciais na parte diversificada do currículo paulista, junto com os Itinerários Formativos e as Eletivas.

É importante destacar que o Projeto de Vida também dialoga com metodologias ativas e propostas de aprendizagem que buscam fazer com que o aluno enxergue um significado para os conteúdos trabalhados. Tal perspectiva é reforçada ao reconhecermos que

Um dos pressupostos para se trabalhar Projeto de Vida é que a escola conheça e acolha seus estudantes em sua multidimensionalidade, considerando seus interesses e desafios. Nesse sentido, cabe um duplo olhar que se atente às tendências geracionais dos estudantes contemporâneos, bem como para as especificidades dos estudantes com quem se convive no cotidiano da escola. No que diz respeito a uma visão de tendências, a partir de um apanhado de pesquisas recentes, percebe-se que os estudantes demandam inovação nas maneiras de se aprender, uma vez que têm expectativas de que os professores ressignifiquem o jeito de ensinar e busquem linguagens e metodologias mais modernas, atualizadas e alinhadas à contemporaneidade. Com base na pesquisa, foi possível observar também que os estudantes aspiram ao estudo dos conteúdos de forma dinâmica, que envolva sua participação e protagonismo, uma vez que consideram a escola como parte de suas vidas e, por isso, uma base para o planejamento de seus objetivos. (São Paulo, 2020, p. 4).

Considerando esse caminho, muitas escolas têm adotado estratégias como rodas de conversa, oficinas, projetos interdisciplinares e uso de tecnologias digitais para estimular os estudantes a se expressarem e construir planos de forma colaborativa e contextualizada. Essa abordagem favorece o protagonismo juvenil, incentivando os estudantes a se reconhecerem como sujeitos históricos capazes de intervir em seu meio.

Em suma, o Projeto de Vida representa uma mudança importante no cenário educacional brasileiro ao colocar no centro do currículo a formação integral e a construção de sentido na aprendizagem. Ele reforça a ideia de que a escola não pode estar dissociada das experiências de vida dos alunos, mas deve atuar como espaço de escuta, acolhimento e orientação, colaborando

²⁰ Os itinerários formativos são o conjunto de disciplinas, projetos, oficinas, núcleos de estudo, entre outras situações de trabalho, que os estudantes poderão escolher no Ensino Médio.

para que cada jovem desenvolva seu potencial e trilhe um caminho consciente, autônomo e solidário.

3.4.3 Disciplinas Eletivas

Assim como o PV, as disciplinas eletivas²¹ ocupam um lugar de destaque nos currículos das escolas estaduais de São Paulo, tanto nos Anos Finais do Ensino Fundamental quanto no Ensino Médio. Elas são fundamentadas no artigo 26²² da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), que destaca a importância de um currículo diversificado, adaptado às necessidades e características locais dos estudantes. De acordo com o Documento Orientador,

As Eletivas constituem uma das inovações metodológicas que integram a matriz curricular do Programa Ensino Integral como componente curricular da Parte Diversificada (PD) para o Ensino Fundamental Anos Finais e Itinerário Formativo Global (IFG) do Ensino Médio, as quais envolvem as diferentes áreas de conhecimento e pressupõem a diversificação de situações didáticas, pois visam aprofundar, enriquecer e ampliar estudos relativos ao conteúdo das áreas de conhecimento contempladas (São Paulo, 2023, p. 3).

As eletivas são elaboradas com base nas necessidades e interesses dos alunos, sendo uma extensão das propostas do PV da escola, como forma de ampliar, diversificar e aprofundar os conhecimentos dos estudantes. De acordo com o documento orientador (São Paulo, 2023, p. 3),

Eletivas é um componente curricular que envolve diferentes habilidades e pressupõem a diversificação de situações didáticas, pois visa aprofundar, enriquecer e ampliar o repertório dos estudantes sobre um ou mais componentes curriculares e/ou área de conhecimento do Currículo Paulista. As Eletivas têm como base interesses relacionados aos Projetos de Vida dos estudantes e como foco o aprimoramento da autonomia e do protagonismo juvenil.

Tendo como objetivo principal proporcionar aos alunos a possibilidade de explorar novas áreas do conhecimento e desenvolver habilidades que não são comumente abordadas no currículo obrigatório. No PEI, as eletivas têm um papel central na diversificação das experiências escolares. São oferecidas de maneira semestral e, preferencialmente, por professores de diferentes áreas do saber, estimulando a interdisciplinaridade e a experimentação de novos saberes.

²¹ Em 2024 este componente curricular foi ministrado nas turmas de Anos Finais do Ensino Fundamental (6º, 7º, 8º e 9º anos) e para o Ensino Médio (exclusivamente para as 1ª séries).

²² Art. 26. Os currículos da educação infantil, do Ensino Fundamental e do Ensino Médio devem ter base nacional comum, a ser complementada, em cada sistema de ensino e em cada estabelecimento escolar, por uma parte diversificada, exigida pelas características regionais e locais da sociedade, da cultura, da economia e dos educandos. (Brasil, 1996)

Os professores têm autonomia para criarem as eletivas, subsidiados pelo Cardápio de Eletivas, disponibilizado pela SEDUC-SP, cujas propostas foram elaboradas pela Universidade de São Paulo, instituições parceiras e outras Secretarias, para que os professores possam apresentá-las no início de cada semestre, no evento intitulado Feirão de Eletivas (São Paulo, 2023, p. 4).

Em consonância com as Diretrizes do Programa de Ensino Integral (São Paulo, s.d.), as eletivas oferecem aos alunos a oportunidade de desenvolverem diferentes linguagens, como a artística, Matemática, verbal, gráfica e corporal, além de ampliar suas habilidades de comunicação e expressão.

Em relação ao currículo do Ensino Integral, as eletivas se destacam por ocuparem um espaço privilegiado para a experimentação e a construção do conhecimento de forma autônoma e participativa. A proposta dessas disciplinas é que os alunos possam construir o seu próprio percurso acadêmico, escolhendo as áreas de interesse para aprofundar seus estudos e diversificar sua formação. Esse processo não apenas permite uma personalização da aprendizagem, mas também favorece o desenvolvimento de um senso de responsabilidade e decisão sobre o próprio futuro acadêmico e profissional.

Além disso, as eletivas têm um caráter dinâmico e rotativo, ou seja, não se repetem de um semestre para o outro, permitindo que os alunos experimentem novas disciplinas a cada ano letivo, o que contribui para o engajamento e a motivação. Embora as escolhas sejam feitas com base nos interesses e no PV dos estudantes, é importante ressaltar que, em alguns casos, o processo de escolha nem sempre ocorre da maneira ideal, o que pode gerar uma desconexão entre as expectativas dos alunos e o conteúdo oferecido.

De acordo com as Diretrizes do Programa de Ensino Integral (São Paulo, s.d.), as eletivas devem ser planejadas de forma que culminem na realização de um produto ou evento que será apresentado à comunidade escolar. Essa culminância, além de ser uma forma de avaliar o desenvolvimento das competências e habilidades dos alunos, também serve para integrar a comunidade escolar, criando um momento de troca e de celebração dos conhecimentos produzidos. O produto final pode ser variado, incluindo apresentações, exposições, feiras e outras formas de expressão que envolvam a participação de diferentes alunos e séries.

Em síntese, as disciplinas eletivas são um importante instrumento para diversificar e aprofundar o currículo escolar, oferecendo aos alunos a possibilidade de personalizar sua trajetória acadêmica e profissional. Elas promovem a interdisciplinaridade e a experimentação de novos conhecimentos, além de proporcionar um espaço privilegiado para o desenvolvimento de habilidades essenciais para a vida acadêmica e o mercado de trabalho. No entanto, a efetividade das eletivas depende da infraestrutura escolar e do planejamento adequado dos

professores, o que exige um olhar atento para as condições de implementação desse modelo nas escolas públicas.

Tendo em vista as discussões anteriores sobre o Programa Ensino Integral, o componente Projeto de Vida e as disciplinas eletivas, passamos agora à análise da temática central da eletiva desenvolvida: Educação, 3R's²³ e Sustentabilidade, com ênfase no PET como ponto de partida para práticas *maker* e STEM.

3.5 Educação, 3R's e Sustentabilidade: o PET como ponto de partida para práticas *maker* e STEM

Como já discutido, as metodologias como a ABP, a Cultura *Maker* e a abordagem STEM têm em comum o compromisso com a resolução de problemas reais e significativos, conectados ao cotidiano dos estudantes e aos desafios contemporâneos. Essas metodologias valorizam o fazer, a investigação e a construção coletiva do conhecimento, estimulando o pensamento crítico, a criatividade e a responsabilidade social. Nesse sentido, a proposta da eletiva desenvolvida, centrada na temática dos 3R's (Reduzir, Reutilizar e Reciclar), surge como um desdobramento natural desse percurso formativo, ao articular a aprendizagem ativa com questões socioambientais urgentes e promover experiências concretas em torno da sustentabilidade. De acordo com Layargues (2002, p. 1):

A questão do lixo vem sendo apontada pelos ambientalistas como um dos mais graves problemas ambientais urbanos da atualidade, a ponto de ter-se tornado objeto de proposições técnicas para seu enfrentamento e alvo privilegiado de programas de educação ambiental na escola brasileira.

Ao compreender a necessidade de gerenciar os resíduos sólidos, foi criada a Política dos 3R's, que “inspira técnica e pedagogicamente os meios de enfrentamento da questão do lixo” (Layargues, 2002, p. 1). Em seu trabalho, o autor distingue dois discursos presentes nas práticas educativas ligadas à temática ambiental: o discurso ecológico oficial²⁴, que trata a questão do lixo de forma tecnicista e busca adaptar os sujeitos ao consumo por meio de ações como a reciclagem, e o discurso ecológico alternativo, que propõe uma abordagem crítica e política, priorizando a redução e a reutilização, e promovendo uma reflexão mais profunda sobre os padrões de produção e consumo da sociedade contemporânea (Layargues, 2002).

²³ Os "3Rs" referem-se a um conjunto de práticas sustentáveis para a redução do impacto ambiental, conhecidas como Reduzir, Reutilizar e Reciclar. Essas práticas são consideradas pilares da economia circular e da gestão de resíduos, visando um consumo mais consciente e a minimização da geração de lixo.

²⁴ “A pedagogia dos 3R's preconizada pelo discurso ecológico oficial torna-se uma prática comportamentalista, ao invés de reflexiva, pois reduz a Pedagogia dos 3R's à Pedagogia da Reciclagem” (Layargues, 2002, p. 5).

Ainda que o discurso ecológico oficial pretenda ser a palavra totalizante, e dar conta de toda a discussão ambiental, alinhando-a a uma interpretação racionalista, cientificista e liberal, não significa que consiga de fato responder aos impasses que estão aí colocados. A crise ecológica pode ser reduzida a uma equação solucionável com medidas tecnológicas, novos sentimentos para com a natureza, cooperação internacional, etc., como faz o discurso oficial, no entanto essa não é a única interpretação a significar o acontecimento ecológico. Atravessa esse campo um questionamento que entende as atuais dificuldades como uma crise muito maior (Instituto Florestal, 1991, p. 35).

Complementando essa ideia,

O discurso ecológico oficial vê a questão do lixo como um problema técnico, e não cultural. O problema não seria o consumismo, e sim o consumo insustentável. Percebe-se que esse discurso pretende a manutenção de valores, pressupondo que possa haver um consumo sustentável, que seria uma junção entre a reciclagem e as tecnologias limpas. Criticar o consumo insustentável é menos subversivo e perigoso ao sistema econômico atual do que criticar o consumismo [...] Já o discurso ecológico alternativo considera a questão do lixo como um problema cultural, tendo suas raízes no consumismo da sociedade moderna. Desse modo, a Pedagogia dos 3Rs (Reduzir, Reutilizar, Reciclar) teria uma sequência lógica a ser seguida: a redução do consumo deve ser priorizada sobre a reutilização e a reciclagem; depois da redução, a reutilização deve ser priorizada sobre a reciclagem (Cornieri; Fracalanza, 2010, p. 59).

Posto isso, nesta pesquisa, adotamos uma perspectiva alinhada ao discurso ecológico alternativo, conforme proposto por Layrargues (2002), compreendendo que a educação ambiental deve ir além do caráter técnico da reciclagem e assumir um compromisso ético, político e transformador. Embora a temática dos 3R's esteja presente na pesquisa, o foco não se restringe à reciclagem como solução individualizada, mas propõe uma reflexão crítica sobre os padrões de consumo e descarte, incentivando os estudantes a construírem alternativas sustentáveis por meio da reutilização criativa e da redução do desperdício. Ao articular os princípios da Cultura *Maker* e da abordagem STEM, a proposta convidou os alunos a ocuparem um lugar ativo na construção de soluções para problemas reais, ressignificando o lixo como matéria-prima e compreendendo a sustentabilidade como um processo coletivo e contínuo, que exige consciência, responsabilidade e ação.

Nesse sentido, torna-se necessário compreender a sustentabilidade não apenas como um conjunto de práticas ecológicas isoladas, mas como um princípio orientador de mudanças estruturais nas relações entre sociedade, natureza e economia, que segundo Rocha (2023), é uma forma de ver e viver o mundo. Superando a ideia de equilíbrio ambiental baseada em ações compensatórias, o conceito de sustentabilidade, sob uma perspectiva crítica, exige uma reavaliação dos padrões de consumo, da lógica de produção e da distribuição de recursos, articulando justiça social e responsabilidade ambiental. Tal compreensão está em sintonia com

a proposta de uma educação ambiental emancipatória²⁵, que não apenas informa, mas forma sujeitos comprometidos com a transformação do mundo em que vivem. Assim, ao discutir a sustentabilidade no ambiente escolar, é fundamental que ela seja tratada como uma pauta transversal, conectada à cidadania, aos direitos humanos e à ética do cuidado com a vida em todas as suas formas (Rocha, 2023). Para o Sebrae (2013, p. 8), sustentabilidade “é atender todas as nossas necessidades sem comprometer as necessidades das próximas gerações”.

Nesse contexto, os 3R's — Reduzir, Reutilizar e Reciclar — surgem como uma estratégia amplamente difundida para promover a sustentabilidade ambiental. No entanto, embora sejam comumente apresentados como práticas ecologicamente corretas, é necessário analisá-los de forma crítica, considerando sua hierarquia e as implicações pedagógicas de seu uso na escola. De acordo com Layrargues (2002), quando essa política é reduzida a um discurso técnico focado quase exclusivamente na reciclagem, perde-se a potência transformadora das etapas de redução e reutilização, que exigem mudanças mais profundas nos hábitos de consumo e na lógica produtiva vigente. Assim, repensar os 3R's a partir de uma educação ambiental crítica significa colocá-los em diálogo com questões sociais, econômicas e culturais, estimulando a formação de sujeitos capazes de compreender e intervir de maneira responsável no mundo em que vivem.

Embora as referências mobilizadas neste trabalho remontem, em sua maioria, às décadas de 1990 e 2000, é importante destacar que a atualidade dessas discussões não se perde com o tempo, ao contrário, revela a persistência e até o aprofundamento das problemáticas ambientais associadas aos modos de produção, consumo e descarte na sociedade contemporânea. O fato de autores como Layrargues (2002) já denunciarem, há mais de duas décadas, os limites de uma abordagem tecnicista da educação ambiental, evidencia que muitas das tensões apontadas naquele contexto permanecem estruturais e ainda não foram superadas. Em um cenário marcado pela intensificação do consumo, pela aceleração da obsolescência dos produtos e pela ampliação do uso de materiais plásticos descartáveis, as críticas formuladas nesse período seguem oferecendo ferramentas teóricas potentes para interpretar os desafios socioambientais atuais. Assim, recorrer a esses autores não significa desconsiderar o tempo presente, mas reconhecer que compreender o presente exige, também, dialogar com análises críticas que anteciparam e problematizaram processos cujos efeitos se tornaram ainda mais evidentes na

²⁵ A educação ambiental emancipatória visa formar cidadãos críticos e ativos na busca por soluções para problemas socioambientais, através de um processo de aprendizagem que valoriza a autonomia, a participação e a transformação social. É uma abordagem que se diferencia da educação ambiental tradicional por colocar o sujeito como agente de mudança, promovendo a conscientização e o engajamento em ações que visam a sustentabilidade (Gomes, 2014)

contemporaneidade. Nesse sentido, materiais como o plástico PET (politereftalato de etileno), cuja presença se intensificou nas últimas décadas, tornam-se expressões concretas da permanência dessas contradições, exigindo abordagens educativas que não apenas atualizem a temática, mas que aprofundem sua leitura crítica à luz de referenciais já consolidados.

Nesse panorama, o plástico PET destaca-se como um dos resíduos mais representativos da cultura do consumo e do descarte, sendo amplamente utilizado em embalagens descartáveis e presente de forma recorrente nos ecossistemas urbanos e naturais. Sua durabilidade, aliada à baixa taxa de reciclagem e ao consumo em massa, evidencia as contradições entre conveniência e impacto ambiental. Por isso, ao ser abordado no contexto educativo, o PET ultrapassa sua condição de resíduo e torna-se um dispositivo pedagógico potente, capaz de problematizar os modos de vida contemporâneos e de impulsionar práticas voltadas à reutilização crítica e criativa. Quando articulado aos princípios da sustentabilidade e inserido em propostas que envolvem tecnologia, ciência e experimentação, como as que se inspiram na Cultura *Maker* e na abordagem STEM, esse material passa a integrar processos formativos que aliam consciência ecológica, ação transformadora e aprendizagem significativa.

De acordo com Romão, Spinacé e Paoli (2009, p. 121), “o PET é um dos termoplásticos mais produzidos no mundo [...]. O sucesso deste material deve-se à sua excelente relação entre as propriedades mecânicas, térmicas e o custo de produção”. Esse sucesso comercial, porém, carrega implicações significativas no que diz respeito ao volume de resíduos gerados e aos impactos ambientais associados ao seu descarte inadequado. O fato de o PET ser amplamente produzido, consumido e descartado em larga escala o torna um símbolo evidente das contradições entre desenvolvimento tecnológico e responsabilidade socioambiental.

Apesar de suas qualidades técnicas e de seu amplo uso industrial, o PET representa um desafio persistente no que diz respeito à gestão de resíduos no Brasil. Dados do 13º Censo da Reciclagem do PET no Brasil²⁶, realizado pela Associação Brasileira da Indústria do PET (Abipet), revelam que, embora haja avanços, ainda não conseguimos reciclar todo o plástico descartado no país. Uma parcela significativa das embalagens de PET continua tendo como destino o descarte inadequado, o que evidencia a lacuna existente entre a produção e o reaproveitamento desse material. Tal realidade aponta para a urgência de políticas públicas mais eficazes, bem como de uma conscientização coletiva que articule os benefícios do desenvolvimento tecnológico com o compromisso com a sustentabilidade ambiental.

²⁶ Para mais informações: <https://abipet.org.br/wp-content/uploads/2025/05/Abipet-Factsheet-13o-Censo.pdf>

Diante do exposto, fica evidente que a escolha do PET como ponto de partida para práticas educativas alinhadas aos princípios da sustentabilidade não se restringe a uma decisão técnica, mas carrega implicações políticas, culturais e pedagógicas. Ao ser inserido em propostas pedagógicas que articulam os 3R's, a Cultura *Maker* e a abordagem STEM, esse material adquire novos significados, permitindo que os alunos não apenas discutam sobre os impactos do consumo e do descarte, mas que também possam atuar como protagonistas na busca por soluções. Assim, mais do que ensinar sobre esses conceitos, trata-se de formar sujeitos críticos, criativos e engajados, capazes de dar outro significado e utilidade aos resíduos, questionar padrões estabelecidos e imaginar futuros sustentáveis. A escola, nesse contexto, transforma-se em um espaço de experimentação, criação e responsabilidade, reafirmando seu papel na formação integral e cidadã de seus alunos.

3.6 Entrelaçamento de ideias

Ao longo desta seção apresentamos os referenciais que dialogam com esta pesquisa, em que abordamos algumas considerações sobre o uso de metodologias ativas, dando ênfase na Cultura *Maker* e na abordagem STEM no contexto escolar, discutindo também sobre as diferenças entre abordagens tradicionais e ativas, trazendo alguns teóricos para fundamentar essa mudança, além de abordar a mudança no papel dos professores quando optamos por trabalhar com metodologias ativas. Ademais, contextualizamos para o leitor o Programa Ensino Integral, sua implementação e a dinâmica proposta de funcionamento, como também o Projeto de Vida e as disciplinas eletivas.

A escolha por abordar essas temáticas está em sintonia com o objetivo desta dissertação, que é investigar as potencialidades e os desafios da interação entre a Cultura *Maker* e a abordagem STEM no Ensino Médio, em uma disciplina eletiva. Entre essas abordagens, no cenário desta investigação, fizemos uso de diferentes tecnologias, considerando não apenas as digitais, mas também outros artefatos e ferramentas que auxiliam na aprendizagem prática. Essas tecnologias foram utilizadas para favorecer a exploração de conceitos e a produção de conhecimento pelos alunos, sem constituírem o foco central desta pesquisa.

Com isso, nos apoiamos, para o processo de elaboração das atividades e proposta de inserção das tecnologias usadas na disciplina eletiva, na perspectiva da experimentação com tecnologias, de Borba e Villarreal (2005). Em consonância com essa perspectiva, consideramos que a abordagem investigativa, fundamentada em uma educação crítica, que dialoga com os pressupostos da experimentação com tecnologias (Borba; Villarreal, 2005), uma vez que

promove a reflexão dos estudantes sobre situações e a exploração da Matemática para além de uma visão tecnicista.

Logo, para discutir as propostas da disciplina eletiva, apoiamo-nos nos cenários para investigação de Skovsmose (2000). Para abordar a temática da sustentabilidade e analisar o impacto ambiental e social do descarte inadequado de resíduos, especialmente o PET, buscamos nos apoiar na referência à realidade (Skovsmose, 2000), de modo que os estudantes possam refletir criticamente sobre questões socioambientais e econômicas relacionadas ao consumo e à reciclagem. A partir dessas discussões, consideramos ser possível desenvolver um posicionamento crítico frente a problemas sociais e avaliá-los (Skovsmose, 2008).

Para que tais ações e propostas se concretizem, entendemos ser fundamental ouvir o professor e compreender o contexto em que ele atua. Acreditamos que esse movimento pode se apoiar na parceria universidade-escola (Foerste, 2004), pois, a partir de uma troca mútua, em que saberes práticos e teóricos não se sobrepõem, torna-se possível estabelecer diálogos e construir planejamentos conjuntos. Nesse sentido, com a disciplina eletiva “Mak3R’s: Transformando Ideias em Ação”, buscamos articular a inserção da Cultura *Maker* e da abordagem STEM no ambiente escolar por meio de discussões alinhadas à realidade dos estudantes, como a sustentabilidade e os 3R’s, utilizando o PET como material central. Todo esse trabalho esteve atrelado aos diálogos e ao planejamento realizados com a professora da escola, considerando suas demandas e necessidades, que iam além dos objetivos desta pesquisa de mestrado.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Considerando o objetivo desta pesquisa, que é investigar as potencialidades e os desafios da interação entre a Cultura *Maker* e a abordagem STEM em uma disciplina eletiva para estudantes da 1ª série do Ensino Médio, bem como a pergunta que a orienta, a saber: o que emerge da interação entre Cultura *Maker* e abordagem STEM em uma disciplina eletiva com alunos da primeira série do Ensino Médio?, as escolhas metodológicas realizadas buscaram estar em consonância com aquilo que se pretende investigar. Assim, tornou-se necessário adotar uma abordagem que permitisse acompanhar os processos vivenciados ao longo da disciplina, compreender as interações estabelecidas e analisar as emergências produzidas no contexto das práticas desenvolvidas.

Nesta seção, apresentamos a abordagem metodológica adotada nesta pesquisa, baseada na pesquisa qualitativa. Discutimos o que entendemos por essa metodologia, suas características e a razão de sua escolha para a investigação em questão. Ainda nessa seção, expusemos e discutimos as estratégias usadas para a produção dos dados, bem como a sua organização para análise. Posto isso, discorreremos sobre a parceria com a Professora Bárbara, docente da escola em que os dados foram produzidos, os participantes da pesquisa, o laboratório *maker*, espaço onde as aulas foram conduzidas, o delineamento das aulas, e a esquematização para discutir os temas que surgiram dos dados.

Os dados produzidos durante a pesquisa de campo são oriundos dos 16 encontros, com duração de 2h/aula cada, com os alunos durante a construção da extrusora²⁷ e apresentação do protótipo, atividades em papel realizadas pelos participantes, gravações em áudio e em vídeos das aulas, relato da professora e dos alunos envolvidos e o diário de campo da pesquisadora. Através da apresentação dos dados, buscamos evidenciar todos os passos, desde a definição do problema até a análise dos dados.

4.1 Pesquisa Qualitativa

Para Borba, Almeida e Gracias (2020, p. 43), a metodologia de pesquisa “está relacionada ao conjunto de métodos ou caminhos que são percorridos no processo da pesquisa e sua sistematização. Ou seja, ela envolve os caminhos e as opções tomadas na busca por compreensões e interpretações sobre a interrogação formulada”.

²⁷ Extrusora construída pelos alunos:

https://www.canva.com/design/DAGfl08cVOI/32REXhqivkNyIZuawYxj5A/watch?utm_content=DAGfl08cVOI&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=uniquelinks&utm_id=hd6d9e7fb33

A escolha por uma abordagem qualitativa na presente pesquisa decorre do compromisso com a compreensão profunda dos processos educativos vivenciados, considerando que o campo investigativo está diretamente relacionado ao ensino, ao cotidiano escolar e às interações humanas. Como afirmam Borba, Almeida e Gracias (2020, p. 20), “no terreno da Educação – ou mesmo se focarmos em uma pesquisa voltada para o ensino, diretamente vinculada à prática –, as relações são humanas e envolvem diversos atores, o que não permite que um resultado seja controlado”.

A pesquisa qualitativa, portanto, possibilita um olhar mais atento às experiências, aos discursos, às práticas e aos sentidos produzidos no contexto educativo. Bicudo (1993, p. 18) reforça que:

Pesquisar configura-se como buscar compreensões e interpretações significativas do ponto de vista da interrogação formulada. Configura-se, também, como buscar explicações cada vez mais convincentes e claras sobre a pergunta feita. Essas configurações delineiam seus contornos conforme perspectivas assumidas pelo pesquisador.

Partindo desse entendimento, a pesquisa qualitativa busca mais do que quantificar fenômenos: ela visa compreender os sentidos e interpretações produzidos pelos sujeitos. Como afirma D’Ambrosio (2023, p. 12), “a pesquisa qualitativa [...] tem como foco entender e interpretar dados e discursos, mesmo quando envolve grupos de participantes”. Ainda segundo o autor, essa abordagem “lida e dá atenção às pessoas e às suas ideias, procura fazer sentido de discursos e narrativas que estariam silenciosas. E a análise dos resultados permitirá propor os próximos passos” (D’Ambrosio, 2023, p. 21).

Nesse movimento investigativo, é importante reconhecer que a própria motivação para se realizar uma pesquisa está vinculada ao desejo de compreender, refletir e transformar a realidade. D’Ambrosio (2023, p. 21) destaca que a justificativa para uma pesquisa pode estar, inclusive, na “satisfação da curiosidade do pesquisador”, o que evidencia o caráter subjetivo e engajado do processo investigativo.

Dada a complexidade dos fenômenos observados, fez-se necessário o uso de diferentes estratégias de produção e análise de dados, incorporando uma perspectiva de multiplicidade metodológica. Como afirmam Araújo e Borba (2023, p. 36), “destacamos, assim, a importância de se adotar procedimentos diversos em uma pesquisa, ou seja, a adoção da multiplicidade de procedimentos”. Essa multiplicidade, segundo os autores, “proporciona diferentes visões de objetos semelhantes” (Araújo; Borba, 2023, p. 36), o que contribui para uma leitura mais rica e contextualizada da realidade estudada.

Nesse contexto, adota-se a triangulação como estratégia para a análise dos dados. A triangulação de dados é uma “forma de aumentar a credibilidade de uma pesquisa que adota a abordagem qualitativa” (Araújo; Borba, 2023, p. 41), permitindo entrelaçar diferentes fontes e perspectivas. Por exemplo, o pesquisador pode utilizar entrevistas para complementar e aprofundar observações realizadas anteriormente, conferindo maior densidade à análise. Como indicam Araújo e Borba (2023, p. 41), “o pesquisador, ao invés de construir suas conclusões apenas a partir de observações, pode utilizar as entrevistas para checar algum detalhe ou para compreender melhor algum fato ocorrido durante as observações, promovendo uma maior credibilidade de sua pesquisa”.

Assim, a opção pela abordagem qualitativa, aliada à triangulação de dados e à multiplicidade de procedimentos, busca garantir que a análise dos dados da pesquisa não apenas seja fiel à complexidade do campo investigado, mas também permita interpretações mais ricas, sensíveis e coerentes com a proposta da investigação.

4.2 Contexto da pesquisa de campo

A pesquisa de campo se deu na Escola Estadual Professor Sebastião de Oliveira Rocha, pertencente ao Programa de Ensino Integral (PEI), localizada na cidade de São Carlos/SP. Nesta seção descrevemos como ocorreu o processo de busca pela escola e pela professora parceira, destacando os critérios que nortearam essa escolha e as condições que favoreceram o desenvolvimento do estudo.

Inicialmente, abordamos os desafios e os aspectos considerados na seleção da instituição de ensino e da docente que colaborou ativamente na pesquisa. A formação da parceria com a professora e com os participantes foi um aspecto fundamental para a condução das atividades, garantindo que houvesse um ambiente propício para a investigação e para a construção coletiva do conhecimento.

Na sequência, detalhamos como foi delineado o planejamento das aulas, descrevendo as estratégias utilizadas, as ferramentas pedagógicas empregadas e as adaptações realizadas ao longo do processo para atender às necessidades dos participantes. Esse processo resultou na emergência de dados relevantes, que refletem as dinâmicas das interações em sala de aula e as contribuições dos envolvidos para a pesquisa.

Por fim, apresentamos os critérios de análise adotados para interpretar os dados produzidos. A definição desses critérios seguiu uma abordagem que busca compreender as experiências e os impactos gerados pelo processo investigativo, articulando teoria e prática de maneira reflexiva.

4.2.1 A parceria com a escola e com a Professora Bárbara

Tendo em mente o desejo de produzir meus²⁸ dados com alunos da Educação Básica, iniciamos no primeiro semestre de 2024 uma busca por escolas que a parceria fosse viável, ou seja, que a escola estivesse aberta para essa colaboração. Essa escolha não poderia ser aleatória, pois para mim era essencial encontrar um ambiente no qual a Cultura *Maker* e a abordagem investigativa tivessem espaço para serem exploradas. Durante esse processo, pesquisei algumas instituições de ensino da minha região para entender as propostas pedagógicas utilizadas, a receptividade dos professores em relação ao uso tanto de metodologias ativas como de tecnologias digitais durante as aulas, e também a infraestrutura e recursos disponibilizados nos espaços da escola.

Além desses pontos, também era essencial considerar a disposição da equipe gestora e docentes na permissão da realização das atividades e etapas que seriam propostas, bem como a compatibilidade do projeto com o currículo e as demandas da instituição, afinal, a parceria precisava ser mutuamente benéfica, contribuindo tanto para a minha pesquisa quanto para a experiência dos alunos e professores envolvidos. Essa ideia é enfatizada por Fiorentini (2023, p. 56) ao dizer que “na colaboração, todos trabalham conjuntamente (“co-laboram”) e se apoiam mutuamente, visando atingir objetivos comuns negociados pelo coletivo do grupo”.

Após essa etapa de busca, conseguimos definir uma escola que atendia a todas as necessidades postas. Essa parceria foi possibilitada graças à estrutura e dinâmica do projeto Casio, já que uma das pesquisadoras do grupo já havia estabelecido uma parceria com a professora de Matemática da instituição no ano de 2022. Esse foi um passo crucial que viabilizou essa pesquisa e a aproximou da realidade da sala de aula.

Dessa forma, no primeiro semestre de 2024 começamos o contato com a escola. A princípio a parceria iria ser feita com a professora de Matemática, mas analisando a proposta que queria desenvolver durante a produção de dados, concluímos que não seria viável, já que para ter mais liberdade na escolha da temática e nas propostas a serem desenvolvidas, o ideal seria que a produção de dados ocorresse em uma disciplina eletiva, que permite um trabalho mais flexível do que uma disciplina regular.

Com isso em mente, fui apresentada à Bárbara, professora de Química da escola, que iria ofertar uma eletiva no segundo semestre e que estava habituada a elaborar e participar de projetos práticos, envolvendo Cultura *Maker*. Ainda no primeiro semestre começamos a nos

²⁸ O uso da primeira pessoa do singular justifica-se pela natureza qualitativa da pesquisa e pela implicação direta da pesquisadora no campo investigado, compreendendo que sua presença e atuação integram o processo de produção dos dados.

reunir presencialmente e via chamada de vídeo, para discutirmos sobre a minha pesquisa, o que eu queria trabalhar - Cultura *Maker* - e as demandas que ela trazia, com o intuito de definirmos uma eletiva que atendesse ao desejo e necessidades das duas partes, e às demandas da escola.

Em uma dessas reuniões foi sugerido que eu e Franciele²⁹ participássemos da reunião de planejamento e delineamento das eletivas que seriam ofertadas no próximo semestre. Foi pronunciado que o número de eletivas ofertadas seria conforme o número de salas existentes, então os 6º e 7º anos teriam 6 eletivas, os 8º e 9º, 4 eletivas e por fim, a 1ª série, 2 eletivas. Em uma das pautas, a direção apresentou alguns temas que os estudantes destacaram nos PV, expondo que 22,3% dos alunos do Ensino Médio optavam pelo PV de exatas; 28,2% pelo PV na área de saúde; 7,1% pelo PV de humanas; 19,7% pelo PV de natureza; 8,5% pelo PV de linguagens, 3,2% em outros e 11 % ainda não havia definido na época.

Ao longo das conversas, a Professora Bárbara sempre nos deixou muito à vontade em relação ao tema para a disciplina eletiva e durante um dos encontros que fizemos depois da reunião de planejamento, relatei o meu desejo de trabalhar no laboratório *maker* e desenvolver um projeto prático que envolvesse os alunos na construção de um material manipulativo. Em resposta ao meu interesse ela relatou um desejo antigo, que surgiu durante uma eletiva, chamada “Homoplastikós”³⁰ desenvolvida no ano de 2023, na qual ela sentiu a necessidade de construir uma extrusora de filamentos para trabalhar com a impressora 3D da escola. Essa eletiva tinha como objetivo desenvolver recursos assistivos, ajudando na inclusão de pessoas com deficiência, utilizando filamentos sustentáveis na impressora 3D. Por conta da ausência de equipamentos necessários para fabricar esses filamentos, foi feita uma parceria com o Departamento de Engenharia de Materiais da UFSCar/São Carlos. Após isso discutimos sobre as demandas de nós duas, definimos como objetivo da eletiva a construção de uma extrusora, e como a parceria foi feita com a professora de Química e a vontade dela de trabalhar com temas envolvendo sustentabilidade, especificamos que esses filamentos seriam feitos com garrafas PET. Desse modo, definimos por desenvolver as discussões com os estudantes focadas na temática dos 3R’s - Reduzir, Reutilizar e Reciclar - com o objetivo de construir, como protótipo final, uma extrusora de filamentos de garrafas PET para a impressora 3D.

Assim sendo, intitulamos a disciplina eletiva de “Mak3R’s: Transformando Ideias em Ação” e planejamos o Feirão³¹ para divulgá-la aos alunos a fim de mostrar nossa proposta para

²⁹ Franciele, integrante do Projeto Casio e colaboradora da pesquisa, conforme apresentado anteriormente.

³⁰ Saiba mais sobre a eletiva Homoplastikós: https://www.youtube.com/watch?v=Tq_7rIMRsl8

³¹ É um evento escolar onde professores apresentam propostas de disciplinas eletivas para que os alunos possam escolher em qual se matricular.

que eles pudessem optar por cursá-la. Como só seriam ofertadas duas eletivas, a professora informou que essa apresentação seria simples e que não precisávamos elaborar nenhum material para essa escolha. Optamos então por levar somente as calculadoras, gráficas e científicas, para que os alunos pudessem manuseá-las e ter esse primeiro contato. A outra eletiva que os alunos tinham como opção era denominada “Estatística na diversidade”, que diferente da nossa que é referente ao PV de exatas, ela estava associada ao PV de humanas. Depois das apresentações os alunos tinham que assinalar um papel com sua ordem de prioridade de eletiva, e para a escolha e divisão dos alunos, a direção considera essa ordem definida por eles e principalmente o PV de cada um.

Antes do início das aulas, a direção da escola solicitou que elaborássemos um primeiro plano, conforme o modelo disponibilizado por ela, referente à disciplina Mak3R's. Sendo assim, decidimos dividir as aulas em etapas gerais, já que não sabíamos quantos alunos estariam na turma, dado que ainda não tínhamos recebido a lista dos inscritos. Na figura 7, apresentamos o planejamento semestral inicial da disciplina, trazendo os principais pontos, já que o documento³² é extenso.

Figura 7: Plano de aula entregue para a escola

³² Caso o leitor queira consultar o documento completo, ele está disponível em:
<https://drive.google.com/file/d/1yRxm-EqiJyPIU8pW8UGITfwc2XSWMRZv/view?usp=sharing>

Semestre: 2º/2024	Disciplinas: Química e Matemática	Professora: Bárbara Daniela Guedes Rodrigues
	Nº Aulas Previstas: 20	Público-alvo: 1ª série do Ensino Médio
Nome da Eletiva: <i>Mak3R's</i> : Transformando Ideias em Ação		
Ementa: Nesta eletiva, os alunos estudarão sobre a cultura <i>maker</i> , explorando suas aplicações na educação. Serão abordadas ferramentas e tecnologias digitais, incluindo impressão 3D, softwares de modelagem e calculadoras científicas. Os conceitos de sustentabilidade e reciclagem serão integrados, com foco no impacto ambiental e processos de reciclagem de materiais. Utilizando a metodologia de Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), os alunos desenvolverão um protótipo de extrusora de filamentos de PET para impressoras 3D. O projeto envolverá pesquisa, design, prototipagem, testagem e análise de resultados. Técnicas de observação, registro de dados e reflexão crítica serão utilizadas para avaliar o progresso e o impacto do projeto. Os alunos aplicarão conceitos de química e reciclagem, discutindo desafios e potencialidades. A eletiva culminará na apresentação dos resultados e reflexão sobre a aprendizagem e desenvolvimento pessoal, incentivando a participação ativa e o pensamento crítico dos discentes.		
Metodologia a ser utilizada: Experimentação com tecnologias; Aprendizagem baseada em projetos.		
Cronograma/Resumo: 01/08 - 23/12 02/08 - Escolha das eletivas 09/08 - Apresentação da disciplina e discussão sobre o projeto 16/08 - Discussão sobre o projeto 23/08 – Escolha do protótipo 30/08 – Desenvolvimento e montagem do protótipo 06/09 - Desenvolvimento e montagem do protótipo 13/09 - Desenvolvimento e montagem do protótipo 20/09 - Desenvolvimento e montagem do protótipo 27/09 - Desenvolvimento e montagem do protótipo 04/10 - Desenvolvimento e montagem do protótipo 11/10 - Desenvolvimento e montagem do protótipo 18/10 - Desenvolvimento e montagem do protótipo 25/10 - Desenvolvimento e montagem do protótipo 01/11 - Desenvolvimento e montagem do protótipo 08/11 - Testagem 15/11 – Ajustes finais 22/11 – Ajustes finais 29/11 – Cálculos e análise de materiais 06/12 – Questionários e trocas sobre a eletiva 13/12 – Culminância		

Fonte: elaborado pela autora

Analisando esse planejamento prévio, constatamos que não faria sentido desenvolver somente um projeto - construção da extrusora - visto que os alunos tiveram somente duas opções de eletiva e elas não abrangem todos os PV, essa escolha também se baseou no espaço de trabalho que tínhamos disponível. O intuito era que as aulas acontecessem no laboratório *maker*, só que por conta do pequeno espaço, seria difícil acomodar todos os alunos, escolha essa que também contribuiu para a divisão da turma em diferentes grupos.

Como éramos três - Bárbara, Franciele e eu - decidimos que cada uma ficaria à frente de um grupo. Cada um dos três grupos desenvolveu um projeto diferente, os quais abordaremos no próximo tópico, mas em torno da mesma temática – sustentabilidade. Para a escolha dos integrantes optamos por deixá-los livres, dando liberdade de escolha para que eles participassem do projeto que mais interessava a eles.

Com essa proposta definida começamos com um planejamento prévio para delimitar algumas temáticas que seriam trabalhadas, inclusive, alguns momentos para abordar propostas que surgiram durante o desenrolar das aulas, com demandas trazidas pelos próprios alunos, já que focamos na participação deles. Essa ideia surgiu da necessidade de abordar as vontades e desejos dos próprios alunos, envolvendo-os na participação das escolhas dos conteúdos. Ou seja, por mais que a eletiva já tivesse uma proposta bem definida e um planejamento estruturado, optamos por deixar o plano de aula e suas etapas mais flexíveis, para atender às demandas que surgiam durante as discussões. Assim, os alunos se tornaram parte importante da construção dos conteúdos e, a partir de nossas percepções sobre as discussões, poderíamos alterar a abordagem ou a forma de tratar o que estava proposto.

Desde o início do contato com a professora Bárbara prevalecemos em um trabalho colaborativo, nos apoiando mutuamente ao buscar alcançar objetivos comuns negociados pelo grupo e que atendesse às necessidades de todos os membros da eletiva. Com isso em mente, buscamos sempre priorizar o diálogo e o trabalho em conjunto para definir o que seria abordado durante os encontros. Desse modo, ao longo do semestre, optamos sempre por conversar sobre o que e como aconteceu cada aula, falando sobre nossas percepções e o que seria trabalhado na aula seguinte.

Destacamos que para as aulas desenvolvidas no grupo 3 - projeto da extrusora - a ideia era continuar seguindo o planejamento entregue para escola, como apresentado anteriormente na figura 7. Porém, apesar desse planejamento prévio, ocorreram alguns imprevistos, como também algumas mudanças para atender às demandas dos alunos, o que evidenciamos e detalhamos no tópico “Delineamento das aulas”.

Além disso, reforçamos a importância do trabalho colaborativo entre a pesquisadora, a professora e a Franciele, visto que esse movimento possibilitou discussões, com diferentes visões, a respeito do que acontecia em todas as aulas. Evidenciado esse processo de parceria, a seguir abordaremos o que foi feito em cada um dos três grupos, enfatizando seus objetivos e proposta final.

4.2.2 Participantes da pesquisa e aspectos legais

Neste tópico apresentamos os participantes da pesquisa e como se desenrolou a produção de dados nesse ambiente. É importante destacar que para analisar as discussões e produções de cada aluno nesse texto e manter o anonimato dos participantes, nomeamos cada um com as iniciais de seus nomes. Essa pesquisa foi submetida à análise do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Unesp e foi aprovada sob número do parecer 7.129.463. Para garantir os


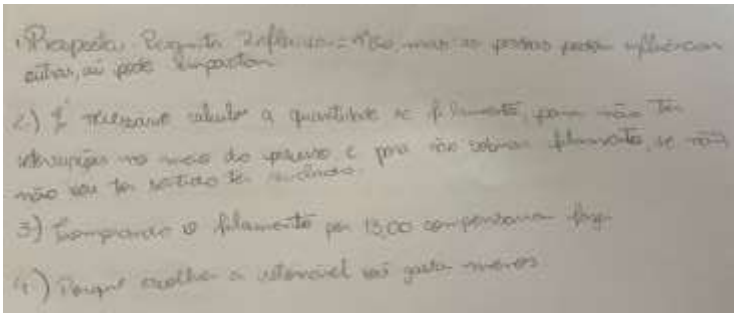
princípios éticos da pesquisa, foi solicitado o preenchimento e a assinatura do Termo de Assentimento Livre Esclarecido (TALE) pelos estudantes e do Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE) por seus responsáveis legais, sendo o anonimato dos participantes assegurado ao longo de todo o processo de produção e análise dos dados.

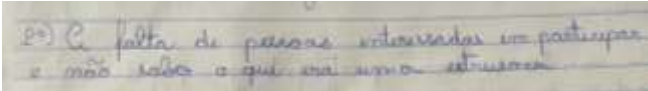
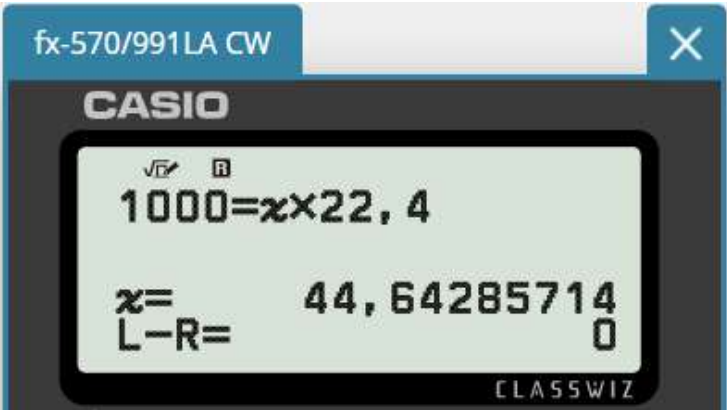
A disciplina eletiva foi composta por 39 alunos ao todo, mas essa pesquisa contou com a participação de oito estudantes da 1ª série do Ensino Médio, com idades entre 14 e 15 anos, sendo cinco do sexo masculino e três do sexo feminino. Os estudantes do sexo masculino pertenciam à turma 1ª A, enquanto as estudantes do sexo feminino eram da turma 1ª B. Por se tratar de turmas distintas, observou-se, nos encontros iniciais da eletiva, uma organização espacial e interações predominantemente separadas, com os estudantes ocupando bancadas diferentes e apresentando pouca interação entre si. Além disso, nos primeiros encontros, algumas diferenças nas formas de participação tornaram-se visíveis, sobretudo no que se refere à exposição de ideias em discussões coletivas, com maior presença de falas de alguns estudantes em comparação a outros. Essas dinâmicas iniciais contribuíram para que determinadas vozes aparecessem com maior frequência nos registros de dados, aspecto que será retomado e analisado de forma mais aprofundada na Seção 4.3, dedicada ao delineamento das aulas.

Apesar de abordarmos diferentes temas durante a disciplina Mak3R's, cuja demanda era solicitada tanto pelos alunos como pela professora, as discussões que prevaleceram durante a maioria das aulas foram relacionadas aos processos envolvendo a construção da extrusora. Expostos os participantes da pesquisa e os procedimentos realizados para a escolha do grupo aqui analisado, no Quadro 11 exemplificamos cada uma das fontes de dados que serão analisadas posteriormente.

Quadro 10: Fonte de produção de dados

Fonte	Modelo
-------	--------

<p>Gravações em vídeo</p>	 <p>(27 de setembro de 2024)</p>
<p>Gravações em áudio</p>	<p>G - não tem nenhum manualzinho? (08 de agosto de 2024)</p>
<p>Folhas de atividade respondida pelos alunos</p>	 <p>(25 de outubro de 2024)</p>
<p>Diário de campo</p>	<p>Com os materiais necessários em mãos, iniciamos os trabalhos para a construção do fatiador de PET. Durante o processo de organização e montagem, os alunos perceberam que havia um erro no planejamento inicial: a lâmina estava projetada para ser posicionada de uma forma, mas ao analisarem o desenho e discutirem a proposta, concluíram que ela precisava estar perpendicular à essa posição para funcionar adequadamente.</p> <p>(06 de setembro de 2024)</p>
<p>Relato da professora Bárbara</p>	<p>Esse semestre é a eletiva “Mak3R’s: transformando ideias em Ação”, foi bem bacana. A Thainá e a Fran conduziram de uma maneira bem tranquila essa eletiva e transformou alunos.</p>

Relato dos alunos	 <p>(14 de março de 2025)</p>
Registro de atividades feitas na calculadora científica	 <p>(25 de outubro de 2024)</p>

Fonte: elaborado pela autora

É importante evidenciar que após as aulas eu assistia à gravação, escutava o áudio das discussões, analisava as respostas - se tivesse feito algo em papel - e discutia com a professora Bárbara e com a Franciele, para que eu pudesse em seguida planejar o encontro da próxima semana, para que as discussões e atividades fossem ao encontro das demandas e conversas da última aula. Esse movimento foi necessário para não perder o foco da pergunta de pesquisa e dos temas que seriam trabalhados nas aulas.

Como buscamos analisar o que surge das discussões com os alunos durante as aulas usando metodologias ativas e tecnologias digitais, optamos por fazer uma triangulação dos dados expostos no Quadro 11. A seguir, detalhamos como ocorreu esse procedimento e os temas resultantes do processo de organização dos dados.

4.2.3 Projetos

A eletiva era composta por 39 alunos, e foi dividida em 3 projetos, cada um com um foco específico dentro da temática de sustentabilidade. O primeiro, liderado pela professora Bárbara, buscava estudar sobre o plantio de árvores nativas da cidade, envolvendo os alunos em práticas de cultivo, investigando técnicas de plantio e sua relação com a mitigação dos impactos ambientais. O grupo também articulou ações de conscientização sobre a importância da vegetação urbana e práticas sustentáveis no cotidiano. Na figura 8, ilustramos uma das práticas realizadas durante o semestre.

Figura 8: Plantio de mudas na escola

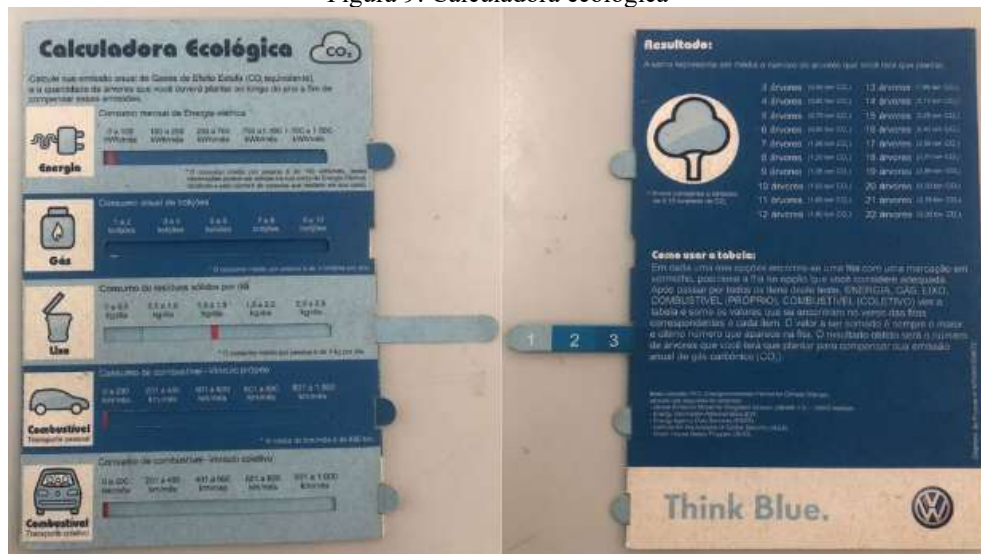


Fonte: dados da pesquisa

O segundo grupo, liderado pela Franciele, abordava discussões a respeito de uma calculadora ecológica³³. No desenvolvimento das aulas, o grupo utilizou a calculadora gráfica na programação, usando Python, objetivando calcular o impacto ambiental do descarte de resíduos sólidos, traduzindo esses valores na quantidade de árvores necessárias para compensação. Na figura 9 é apresentado a calculadora ecológica que os alunos tinham disponível na escola, mostrando a quantidade de árvores que tinham que ser plantadas anualmente para compensar a quantidade de resíduos sólidos que descartamos durante o dia. Já na figura 10, mostramos como foram apresentadas essas informações à calculadora gráfica, usando a linguagem Python.

³³ Recurso que permite estimar o impacto ambiental de determinadas atividades humanas, como consumo de energia e gás, uso de combustíveis ou produção de resíduos sólidos.

Figura 9: Calculadora ecológica



Fonte: dados da pesquisa

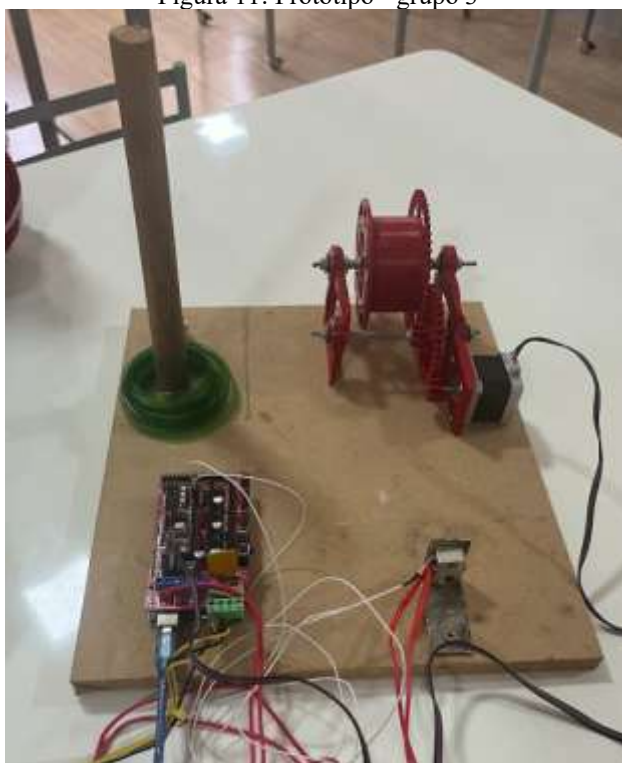
Figura 10: Calculadora gráfica



Fonte: dados da pesquisa

O terceiro, e último grupo, liderado por mim, tinha como objetivo construir um sistema para transformar garrafas PET em filamentos reutilizáveis para a impressora 3D. Além de trabalharmos com conceitos envolvendo sustentabilidade e 3R's, o grupo de alunos também trabalhou na construção da extrusora, como pode ser ilustrado na figura 11, explorando conceitos de reciclagem, consumo energético e viabilidade do processo. Vale ressaltar que os dados analisados nesta pesquisa são oriundos dos encontros e discussões desse grupo.

Figura 11: Protótipo - grupo 3



Fonte: dados da pesquisa

Podemos dizer que as três equipes trabalharam de forma colaborativa, interligando seus projetos e promovendo reflexões sobre sustentabilidade, tecnologia e responsabilidade ambiental.

4.2.4 Laboratório Maker

Nesta subseção, buscamos descrever o espaço usado para o desenrolar das aulas, o laboratório *maker*. Esse espaço foi usado para desenvolver as atividades e planejamento do grupo da extrusora, objeto de estudo dessa pesquisa. Com essa descrição evidenciamos como esse ambiente foi organizado para atender às demandas do projeto, bem como as adaptações realizadas ao longo das aulas para aproveitar os recursos disponíveis. Ainda, apresentamos a dinâmica de uso do laboratório, enfatizando as interações entre os alunos, o manuseio das ferramentas e as possibilidades ocasionadas pelo espaço, fomentando a criatividade, experimentação e a resolução dos problemas que surgiram durante a construção do protótipo. Isto posto, procuramos transparecer para o leitor como esse espaço influenciou no desenvolvimento de competências, habilidades e principalmente na construção do projeto.

Os laboratórios *makers* foram criados com o intuito de que as pessoas pudessem criar suas próprias ferramentas para resolver problemas (Silva; Souza, 2020) e a implementação

desses espaços nas escolas estaduais de São Paulo é recente. A Resolução SEDUC nº 80³⁴, de 14 de setembro de 2021, autorizou a implementação de espaços *makers* ao criar o Programa Atividades *Maker* e Espaços de Inovação, destinando recursos financeiros para a implementação dos espaços nas instituições escolares. A implementação desses espaços não busca apenas modernizar o ensino, mas também “desenvolver o empreendedorismo, a aprendizagem, a invenção e a inovação” (Silva; Souza, 2020, p. 13), sendo considerados a “chave para criação de novas formas de pensar, experimentar e criar plataformas de aprendizado e colaboração” (Silva; Souza, 2020, p. 10). Tais laboratórios são implementados na escola através da “bandeira da inovação em sala de aula” (Pugliese, 2020, p. 23).

A proposta desse ambiente é utilizar diferentes ferramentas e recursos para construir e desenvolver projetos apoiados pela ideia do “faça você mesmo”, que segundo Cruzeiro, Matos e Teixeira (2020, p. 47), esse movimento de “fazer” “representa a capacidade de gerar mudança”. De acordo com Silva e Souza (2020, p. 8), “os ambientes *makers* não possuem uma estrutura pré-definida. Desta forma, normalmente são compostos por uma mistura de equipamentos de baixa e alta tecnologia”, como serras e impressoras 3D, respectivamente. Para Soares (2021), a diversidade de materiais disponíveis nesses ambientes não é útil se os alunos não estiverem no centro do processo de aprendizagem, atuando como protagonistas. Durante os encontros nos apoiamos nessa ideia, para que os estudantes enxergassem esse espaço como uma forma de “construírem o próprio conhecimento, diferentemente de ambientes clássicos de aprendizagem onde há direcionamento direto dos professores” (Silva; Souza; Teixeira, 2020, p. 31). Ou seja, durante as aulas deixamos os alunos livres para construírem o protótipo, sem definir o que eles precisavam fazer e utilizar, deixando a criatividade fluir durante as etapas. Sobre esse aspecto,

É fundamental proporcionar o acesso dos estudantes a diferentes ferramentas e materiais, como sucata, retalhos, botões, pratinhos descartáveis, palitos, podendo chegar a itens de marcenaria e programação, de forma que instiguem os alunos a experimentarem, criando protótipos, abrindo possibilidades para o novo. Isso é indispensável quando se fala em inovação. (Soares, 2021, p. 116).

Na figura 12, apresentamos o espaço *maker* disponível na escola, onde desenvolvemos quase todas as etapas do projeto.

³⁴ Disponível em:

<https://sedsee.blob.core.windows.net/ficha/Anexo/legislacaoRESOLU%C3%87%C3%83O%2080.PDF?Time=17:52>

Figura 12: Laboratório *Maker*

Fonte: dados da pesquisa

Nesse espaço tínhamos diferentes ferramentas e equipamentos disponíveis para o desenvolvimento do protótipo. Porém, em algumas etapas, sentimos a necessidade de outros materiais, que foram custeados pelo projeto Casio para que conseguíssemos prosseguir com a construção do protótipo, como Arduino, ramps, motor de passo, algumas porcas e arruelas, entre outros. Fora esses materiais, quando os alunos esbarravam em algum obstáculo causado pela falta de um material, eles procuravam maneiras de solucionar os problemas, procurando objetos na escola que pudessem ser reaproveitados, como um cabo de vassoura quebrado que serviu como base para uma das etapas do projeto.

Em relação às oportunidades possibilitadas pelo trabalho nesse ambiente, Soares (2021, p. 116) defende que os laboratórios são “bem-vindos para estimular a criatividade. Deixando o ambiente mais leve e descontraído, a mente flui melhor e as ideias florescem; além disso, o entrosamento entre os alunos estreita vínculos, o que também propicia trocas de ideias que são valiosas no processo de criação”. Isso foi confirmado com o desenrolar das aulas, e que a “própria disposição de mesas e cadeiras incentiva a colaboração entre alunos e professores” (Gonçalves; Silva, 2018, p. 62). Para que isso ocorra de modo satisfatório,

O ambiente físico das salas de aula e da escola como um todo também precisa ser redesenhado dentro desta nova concepção mais ativa, mais centrada no aluno. As salas de aula podem ser mais multifuncionais, que combinem facilmente atividades de grupo, de plenário e individuais. Os ambientes precisam estar conectados em redes sem fio, para uso de tecnologias móveis, o que implica ter uma banda larga que suporte conexões simultâneas necessárias.

Então, no desenvolvimento das aulas, optamos por respeitar as disposições das bancadas, para que todos trabalhassem em grupo, a fim de alcançar essas possibilidades oferecidas por esse novo modelo de ensino. Vale ressaltar que, no início das aulas, conversamos e definimos algumas “regras de uso” a fim de ajudar na convivência e no trabalho em grupo,

como organização e limpeza do espaço ao fim de cada aula.

4.3 Delineamento das aulas

Como já mencionado, o cenário de investigação se deu na disciplina eletiva “Mak3R’s: Transformando Ideias em Ação”, com o grupo responsável pela construção da extrusora, na Escola Estadual de Oliveira Rocha, localizada na cidade de São Carlos, pertencente ao PEI, em parceria com a professora Bárbara, que ministra aulas de Química na escola. O objetivo da eletiva era trabalhar com conceitos envolvendo os 3R’s atrelados ao cotidiano dos alunos, levando em consideração a utilização da Cultura *Maker* e calculadora científica no ambiente escolar. Como no início da eletiva o nosso olhar estava voltado para a Cultura *Maker*, havíamos definido como pergunta de pesquisa: Quais os desafios e potencialidades do uso da Cultura *Maker* e calculadoras científicas para a promoção de uma aprendizagem ativa na Educação Básica? No entanto, como destacado, “a primeira pergunta diretriz, pode ser modificada à medida que a própria experiência com o trabalho de campo e as leituras de novas referências levem o autor a ganhar uma nova perspectiva que transforma o foco em questão” (Araújo; Borba, 2023, p. 35).

Sendo assim, é válido destacar que antes de começar o processo de produção de dados, tínhamos em mente trabalhar somente com a Cultura *Maker*, mas analisando as demandas trazidas pelos próprios alunos e algumas inquietações que surgiram durante os encontros, percebemos que só o *maker* não responderia e não daria embasamento para as necessidades formativas, já que “apenas a construção não garante o aprofundamento de conceitos científicos” (Holanda; Bacich, 2020, p. 29), que eram peças importantes durante alguns momentos do processo de construção. Com isso, trabalhamos tanto com a Cultura *Maker*, como com a abordagem STEM, não classificando-as como melhor ou pior, mas como peças complementares durante o processo de ensino e aprendizagem, reformulando a pergunta de pesquisa: O que emerge da interação entre Cultura *Maker* e abordagem STEM em uma disciplina eletiva com alunos da primeira série do Ensino Médio?

Portanto, para o desenvolvimento da eletiva, utilizamos a metodologia de ensino, Aprendizagem Baseada em Projetos³⁵ para estruturar as propostas e as etapas realizadas ao

³⁵ Embora a ABP tenha sido adotada para orientar a organização das propostas e das etapas desenvolvidas ao longo da disciplina eletiva, ela não se configura como foco de análise desta pesquisa, tampouco compõe a pergunta ou o objetivo investigativo. Sua utilização teve caráter instrumental, funcionando como um suporte metodológico para o planejamento das atividades, especialmente diante da ausência de experiências prévias da pesquisadora com propostas dessa natureza. Nesse sentido, a ABP contribuiu para indicar caminhos e estruturar o percurso formativo, enquanto a Cultura *Maker* e a abordagem STEM constituíram os referenciais centrais que orientaram as práticas desenvolvidas e a análise das emergências produzidas ao longo do processo.

longo da eletiva, a Cultura *Maker* para contribuir durante as aulas práticas que envolviam a construção do protótipo e a abordagem STEM para dar base e sustentação às discussões e pesquisas que realizamos durante o semestre, contribuindo também na interdisciplinaridade.

A eletiva Mak3R's contou com 16 encontros, sendo que um foi destinado ao Feirão, outro à Culminância³⁶ e o último aconteceu no começo do ano de 2025, já que tivemos a oportunidade de dar continuidade à parceria com a professora Bárbara e os alunos que participaram do projeto da extrusora fazem parte dessa nova eletiva³⁷. As aulas aconteciam todas as sextas-feiras e tinham 90 minutos de duração (2h/aula), que acontecia, das 13:05 às 14:35. A seguir, no Quadro 10, apresentamos o que aconteceu em cada um dos encontros com os alunos.

Quadro 11: Delineamento das aulas

Encontro	Data	Delineamento
1	02 de agosto de 2024	Feirão das eletivas
2	09 de agosto de 2024	Separação dos grupos e funcionamento da ventoinha
3	23 de agosto de 2024	Definição do protótipo base e estudo sobre os componentes disponíveis na escola
4	30 de agosto de 2024	Estudo sobre a construção do fatiador ³⁸ de PET e discussão sobre a coleta de PET e descarte correto das sobras das garrafas
5	06 de setembro de 2024	Construção do fatiador de PET
6	13 de setembro de 2024	Estudo sobre as peças necessárias disponíveis na escola e discussão sobre o que faltava para concluir as próximas etapas
7	20 de setembro de 2024	Estudo sobre os componentes eletrônicos e como seriam feitas as conexões
8	27 de setembro de 2024	Discussões sobre fonte de alimentação, montagem e conexão dos componentes eletrônicos e início da programação do arduino

³⁶ É um evento escolar que acontece ao final de um período letivo, onde os estudantes apresentam os resultados e os projetos que desenvolveram nas disciplinas eletiva

³⁷ No primeiro semestre de 2025 tivemos a oportunidade de continuar a parceria, participando da eletiva “NanoMak3R’s: pequenas ações, grandes mudanças”, que surgiu através da ideia de utilizar os filamentos produzidos nesta pesquisa para imprimir filtros de água com o intuito de melhorar a qualidade da água distribuída nos bairros da cidade de São Carlos/SP.

³⁸ Fatiador feito pelos alunos:

https://www.canva.com/design/DAGflq3wEVO/650HQDzckE8SK4_a_L1PGA/watch?utm_content=DAGflq3wEVO&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=uniquelinks&utilId=hb66e25819d

9	11 de outubro de 2024	Programação do arduino e montagem do carretel
10	18 de outubro de 2024	Montagem do carretel e correção da programação do arduino
11	25 de outubro de 2024	Cálculo sobre custo-benefício da produção dos filamentos PET, análise dos impactos individuais e coletivos e consumo de garrafas retornáveis
12	08 de novembro de 2024	Discussão sobre o impacto ambiental individual e coletivo e impressões causadas nas dinâmicas da eletiva
13	22 de novembro de 2024	Problemas com a estrutura do Hotend ³⁹ e temperatura ideal para extrusar o PET
14	29 de novembro de 2024	Últimos ajustes na extrusora, planejamento da Culminância e comparação entre os filamentos de PET e os comprados pela escola
15	06 de dezembro de 2024	Culminância
16	14 de março de 2025	Conversa sobre mudanças provocadas nos alunos, em relação ao primeiro dia da eletiva e a decisão de continuar com a professora Bárbara na eletiva de 2025

Fonte: elaborado pela autora

Podemos observar que o planejamento inicial, apresentado na figura 7, mudou para o quadro 10, em virtude, principalmente, dos dias em que não tivemos aulas, demandas dos alunos, necessidade de trabalhar com algum conceito específico e problemas encontrados durante a construção. A pedido dos próprios alunos, desenvolvemos atividades relacionadas à Educação Financeira, na qual discutimos sobre as diferenças de consumir refrigerantes de garrafas retornáveis e as descartáveis.

Durante o primeiro encontro ocorreu o Feirão das Eletivas, que como já mencionado, os professores responsáveis por cada eletiva apresentaram aos alunos o que seria trabalhado em cada uma, para que eles pudessem escolher suas prioridades a fim de serem alocados na eletiva que tivesse em consonância com seu PV.

Na primeira aula, já sabíamos quantos alunos estavam matriculados na nossa eletiva e seguindo a ideia de que eles fossem divididos em três grupos conforme seus interesses pessoais, apresentamos os três projetos que seriam desenvolvidos. Após a apresentação de cada representante do projeto, pedimos que eles se organizassem e se dividissem entre os três

³⁹ *Hotend* é o componente da extrusora responsável por aquecer o material, permitindo que o plástico derreta e seja transformado em filamento.

projetos, seguindo a ideia de interesse, já que o engajamento nas atividades é favorecido através de projetos e atividades que contemplem o interesse pessoal dos alunos.

Em um primeiro momento, sentimos uma certa hesitação por parte dos alunos em escolher o grupo que trabalharia na construção da extrusora. Receio que se deu por vários motivos, sendo eles: talvez os estudantes não soubessem o que é uma extrusora, talvez eles quisessem participar de um projeto com demandas já conhecidas, bem como participar junto com outros colegas que porventura escolhessem outro projeto. Mas durante a conversa, percebemos que essa hesitação se dissipou quando falamos que o grupo se encontraria no laboratório *maker* para utilizar as ferramentas disponíveis no espaço, e isso fez com que dez alunos se interessassem pelo projeto. É importante ressaltar que depois dessa primeira aula, dois dos alunos optaram por trocar de grupo, portanto os alunos que considere durante a análise dos dados são somente os oito que participaram durante todo o semestre.

Depois de definir os grupos, fomos para o laboratório *maker* para que pudessemos conversar melhor sobre a proposta de projeto. Apresentei aos alunos o que é uma extrusora e o motivo de termos definido esse artefato como um dos objetivos da eletiva. Para que eles entendessem melhor, mostramos alguns componentes que tínhamos na escola, dando a oportunidade de manusear e tentar entender o funcionamento deles. Durante essa experimentação e exploração, eles conseguiram fazer a ventoinha - que fica ligada ao Hotend - funcionar, mas esquentar o Hotend foi um trabalho complicado, que os alunos notaram que precisávamos pesquisar sobre cada componente e entender o seu funcionamento. Nesse encontro, notamos que também era preciso aumentar o diâmetro do bico que usamos para moldar os filamentos, já que seu diâmetro era inferior ao necessário. Então, os alunos, com ajuda de uma lixa bem fina, foram aumentando aos poucos, até chegarmos próximos ao diâmetro necessário. Como uma das ideias da eletiva era deixar com que os alunos fossem protagonistas do processo de ensino e aprendizagem, mesmo que já tivéssemos definido que seria construído uma extrusora, optamos por conversar com eles sobre a importância deles pesquisarem alguns protótipos e que escolhessem, com base no que eles achassem mais interessante e viável, o projeto que eles queriam tomar como base.

Na segunda aula, os alunos alegaram que estavam muito sobrecarregados com a carga horária e as tarefas das outras disciplinas e que não conseguiriam encontrar tempo para fazer a pesquisa sobre os modelos de extrusora em casa, então essa aula ficou reservada para essa pesquisa. Eles continuaram se dividindo em dois grupos, meninas e meninos, para a busca e utilizaram o youtube como ferramenta de procura. Encontramos alguns modelos que poderiam

servir como base, uns que utilizavam cola quente, outros com PET triturado e o escolhido⁴⁰, sendo alegado que já tínhamos alguns materiais na escola e um dos alunos queria trabalhar com programação. Com o projeto definido passamos a organizar uma lista com os componentes que tínhamos em mãos e os que precisávamos comprar.

Tanto nesta como na última aula ficou evidente a falta de engajamento dos alunos, eles não interagiam nem em grupos, nem comigo, a sala ficava em silêncio e com isso comecei a me questionar sobre meu papel como educadora e pesquisadora e como precisava agir nos próximos encontros para que eles assumissem um papel central no processo de ensino e aprendizagem.

Sendo assim, para a terceira aula decidimos mudar a dinâmica com o intuito de que os alunos se tornassem mais participativos. Então, no início da aula conversamos sobre a pesquisa, sobre o que faríamos nas aulas e, em conjunto decidimos que no começo de cada encontro conversaríamos sobre o que aconteceu na última semana e definimos tarefas para serem executadas durante cada aula. Os alunos optaram em se dividir em subgrupos para cada um trabalhar no que tem mais interesse dentro das propostas de cada aula e para que todos pudessem entender o que estava acontecendo, ficou combinado de no final da aula que cada subgrupo apresentasse o que tinha feito no dia. Então, os alunos separaram duas missões para esse dia, o primeiro grupo, composto pelos meninos, ficou responsável por pesquisar e discutir sobre o fatiador de PET e o grupo das meninas, responsável por pensar em estratégias para a coleta de garrafas na escola.

As meninas pensaram em oferecer uma recompensa para a sala que trouxesse mais garrafas para a escola, mas depois de discutirem sobre essa proposta, chegaram a conclusão que não daria muito certo, pois os alunos da escola são bem competitivos e não teríamos espaço para guardar essas garrafas, então a coleta seria feita primeiramente com os alunos do grupo e se necessários abriríamos para os alunos da eletiva. Outro ponto que se destacou nessa conversa foi o que seria feito com o resto da garrafa, já que para elas não fazia sentido descartar, então começaram a pesquisar e discutir algumas ideias para essa sobra.

O segundo subgrupo, responsável pelo fatiador, discutiu e analisou onde seria colocado cada componente necessário. Eles utilizaram o youtube para procurar algumas ideias do que teria que ser feito e durante essa aula eles discutiram bastante sobre o projeto, ficando evidente o embate entre as ideias e as discussões para chegar em um consenso. O desejo deles era já começar a usar as ferramentas, então procuraram alguns materiais na escola que eles pudessem

⁴⁰ Protótipo escolhido para seguir como base: Canal Autonomia Digital (@autonomiadigital9664), disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=hM9wRXHsx2A&list=PLJ0868pJq-M9ho20Ayd6g9pPTQFSKqfDV>

utilizar, mas durante esse encontro, notamos algumas interferências por parte da professora Bárbara, motivadas principalmente pelo receio de que os alunos se machucassem durante o manuseio das ferramentas, como serra e martelo, e isso acabou desanimando os integrantes do grupo. Depois de muitas conversas, eles definiram o que queriam fazer e solicitaram a compra de alguns materiais que não tínhamos no laboratório, como parafusos e porcas.

Com o projeto definido, na quarta aula os alunos colocaram as “mãos na massa”, depois de muitas discussões sobre a posição e material adequado. Eles se dividiram novamente em dois subgrupos, mas sem separar entre meninos e meninas. Um grupo se responsabilizou pela fixação do cabo de vassoura na base que usamos para a extrusora e o segundo grupo pela fixação da lâmina que iria fatiar as garrafas. Durante a execução dessas etapas, nos esbarramos em alguns problemas relacionados à posição da lâmina, que tinha sido colocada ao contrário, mas eles perceberam rápido e já alteraram. Outro problema foi em relação à altura da lâmina, sendo necessário que eles fizessem cálculos para definir a quantidade certa de arruelas para que o filete ficasse na espessura certa. Na figura 13, mostramos um dos momentos da aula.

Figura 13: Fixação da lâmina



Fonte: dados da pesquisa

Na quinta aula começamos a estudar as peças que tínhamos para montagem da extrusora. O foco estava em compreender como cada componente funcionava e para que cada um servia, partindo depois para uma discussão sobre as conexões, configurações e funcionamento do sistema de alimentação. Após esses estudos, começamos a pensar em como

montar o carretel que usamos para enrolar o filamento, sendo analisado quais materiais precisaríamos para essa montagem, como barra roscada.

Para a sexta aula tivemos que mudar o cenário, o que causou alguns problemas durante a aula. Esse encontro aconteceu na sala de aula, com os outros alunos da eletiva, causando um estranhamento e uma mudança de comportamento entre os alunos, os quais ficaram mais retraídos durante as discussões. Apesar desse problema, tentamos avançar na montagem das peças eletrônicas, mas com a falta de ferramentas na sala, essa etapa demorou mais do que o planejado, pois os alunos tinham que procurar soluções alternativas para conseguir montar - como usar um estilete para conectar as peças, como mostra na figura 14. Outro ponto da aula foi a ligação da fonte de alimentação. Os alunos não sabiam como fazer as ligações necessárias, então optamos por separar um momento da aula para pesquisarmos e conversarmos sobre esse componente importante, mas encontramos dificuldade por conta da falta de internet na escola (e não termos sinal de internet na sala de aula).

Figura 14: Adaptação de ferramentas

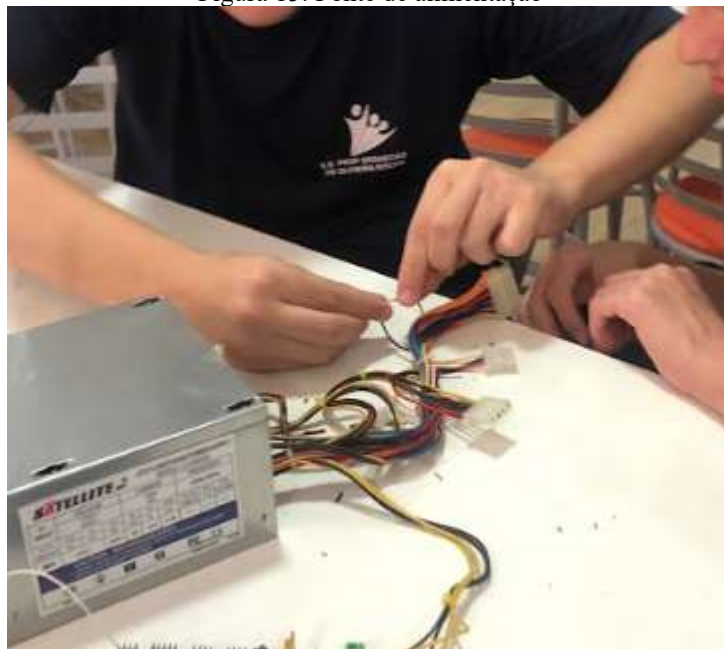


Fonte: dados da pesquisa

Voltando ao laboratório *maker* para a sétima aula, foi feita uma retrospectiva de tudo o que havia sido feito até o momento, e os alunos decidiram se dividir em três subgrupos para economizar tempo. Um ficaria responsável pela fonte de alimentação, outro pela montagem e conexão dos componentes eletrônicos e o último pela programação do Arduino. O primeiro grupo decidiu pesquisar como era o funcionamento da fonte para entender qual era a saída de

12V, que seria necessária para o motor funcionar. Durante essa busca, eles identificaram que não poderiam somente ligar na tomada e que precisavam fazer algumas conexões entre os fios para um funcionamento seguro e eficaz, como mostrado na figura abaixo:

Figura 15: Fonte de alimentação



Fonte: dados da pesquisa

Por conta dos imprevistos na última aula, precisamos terminar a montagem nesse encontro, já que no laboratório *maker* tínhamos todas as ferramentas que precisaríamos para as ligações. Um dos problemas identificados por esse grupo era em relação ao tamanho dos fios, que eram curtos, mas como solução decidiram desencapar para poder emendá-los, garantindo um maior grau de movimentação dos componentes, como mostrado na figura 16.

Figura 16: Emendas dos fios



Fonte: dados da pesquisa

O grupo da programação esbarrou em diversos problemas ao longo do encontro. Inicialmente os alunos decidiram usar o Firmware Marlin, a mesma programação usada nas impressoras 3D, mas identificaram que precisavam fazer algumas alterações, como por exemplo na temperatura, já que para conseguir moldar o plástico precisaríamos de uma temperatura superior às usadas nas impressoras. Com base nessa análise, decidiram colocar a temperatura para atingir até 245°C. Porém, mesmo tendo sucesso para realizar as alterações necessárias, tivemos problema com a internet da escola, já que era semana de provas e os alunos perdem o acesso a ela, então tivemos dificuldade em encontrar os erros do programa com o intuito de entender o motivo do Arduino não estar lendo a programação.

Apesar de todos os desafios dessa aula, conseguimos avançar significativamente no projeto, e começamos a pensar em estratégias para enfrentar os problemas com a internet, como salvar tutoriais de programação. Com isso, na oitava aula seguimos com a divisão dos grupos, um para continuar com a programação e outro para a montagem do carretel.

Por conta dos erros encontrados na programação, os alunos decidiram utilizar o chat GPT para tentar entender o problema, mas não tiveram sucesso, já que as soluções que eles recebiam não eram úteis. Então, eles resolveram pedir ajuda para a professora de Matemática, que trabalha com informática e deu algumas sugestões para eles. Seguindo essas dicas e com a ajuda da IA, eles conseguiram fazer o programa funcionar.

O subgrupo responsável pelo carretel já tinha quase todas as peças em mãos, então eles começaram a discutir sobre a montagem que para eles parecia um grande quebra cabeça. Depois

de um tempo conversando decidiram cortar a barra roscada que uniria as peças do carretel, mas encontraram problemas para essa tarefa. O objetivo era cortar a barra em 3 partes, mas por conta do material resistente, eles não conseguiram serrar, e após algumas discussões pensaram em outra estratégia: entortar a barra até que ela se quebrasse, e depois, para desentortar as beiradas, eles utilizaram um martelo. Uma parte desse processo é ilustrado na figura 17:

Figura 17: Estratégia usada para dividir a barra roscada



Fonte: dados da pesquisa

Como ainda faltava uma peça para ser impressa e o tempo de aula é relativamente curto, os alunos decidiram concluir essa etapa na nona aula, na qual eles se dividiram novamente em dois subgrupos, um para terminar a montagem e outro para programação. O subgrupo da programação tinha o objetivo de instalar o aplicativo que usamos para controlar a temperatura da extrusora - Repetier-Host.

No subgrupo do carretel, os alunos encaixaram todas as peças e parafusos necessários, fixando a estrutura na base de madeira que tínhamos na sala. Em uma etapa dessa montagem os alunos discutiram sobre a importância do paralelismo entre as peças para que não houvesse nenhum problema futuro e utilizaram uma régua para garantir que estariam fixando no lugar certo. Na figura 18 mostramos essa etapa do projeto.

Figura 18: Fixação do carretel



Fonte: dados da pesquisa

Antes de terminar a aula, discutimos sobre a importância da reciclagem e fui questionada se o que estávamos fazendo compensava. Então, pensei em mudar a dinâmica da próxima aula, para que pudéssemos discutir sobre números, tanto em questão de valores, como relacionado às ações individuais e coletivas, e como elas podem fazer alguma diferença no mundo. Para ajudar nessa proposta, pedi que eles anotassem a quantidade de garrafa que eles descartaram ao longo da semana e um dos alunos trouxe para a conversa que na família dele, só é usado garrafa retornável, já que era mais barata, informação que fez com que outro aluno o questionasse, perguntando se a diferença pequena no preço mudava algo no final do mês.

Para atender essas demandas, na décima aula deixamos a “mão na massa” de lado para discutirmos os números. Essa aula também teve que ser na sala de aula, atrapalhando as discussões por conta do barulho dos alunos que integraram ou outros grupos, mas apesar desse imprevisto conseguimos seguir a proposta. Os alunos tinham quatro atividades de cálculo para fazer, todas envolvendo a temática reciclagem e no final de cada uma, discutimos sobre o exercício. Os alunos tinham acesso a uma folha de atividades, apêndice A, calculadoras científicas e aos tutoriais para consultar, anexo A e B.

Para a primeira atividade, usamos a quantidade de garrafas que eles descartaram por semana. Eles estimaram, a partir da média calculada, quanto seria o descarte realizado pelo grupo da extrusora, a turma completa, a escola e, por fim, a cidade. Durante a discussão, alguns alunos argumentaram que reciclar em pequena escala pode ser insignificante numericamente,

mas um aluno enfatizou que é fundamental pensar na intenção e no impacto de pequenas ações, promovendo uma mudança de consciência.

Para discutir sobre a extrusora construída, eles calcularam quantas garrafas precisariam ser recicladas para produzir 1 kg de filamento, pesando a parte útil de cada garrafa para obter o valor aproximado. A discussão abordou a importância de entender essa quantidade para evitar desperdícios e otimizar o uso de recursos. A terceira atividade abordava a questão do custo-benefício entre os filamentos reciclados versus comprados. A questão explorou se era vantajoso produzir o próprio filamento, considerando o custo, a qualidade e o impacto ambiental. Os alunos calcularam o custo de energia necessário para a produção e compararam com o preço do filamento novo. Concluíram que, além do benefício ambiental, reciclar era economicamente vantajoso, embora observemos que, dependendo do tipo de impressão, poderia ser mais seguro optar pelo filamento comercial para evitar falhas no projeto.

A última atividade era sobre garrafas retornáveis, atendendo à demanda da última aula. Metade dos alunos alegaram que compravam garrafas retornáveis devido ao preço, enquanto a outra metade ainda compra garrafas não-retornáveis. Na atividade, eles compararam o custo de cada opção e discutiram o impacto econômico de longo prazo. Um aluno destacou que os fatores financeiros poderiam ser motivadores para escolhas mais sustentáveis, afirmando que, quando há impacto no bolso, as pessoas tendem a mudar suas atitudes. Esse momento de discussão foi enriquecedor para que os estudantes entendessem a importância e as vantagens do trabalho da reciclagem. A figura 19, a seguir, apresenta um registro fotográfico deste momento.

Figura 19: Uso da calculadora científica



Fonte: dados da pesquisa

Começamos a décima primeira aula com uma discussão sobre o impacto ambiental de ações individuais e coletivas, seguindo para uma conversa sobre o descarte de PET pelas grandes indústrias e uma possível solução para isso. Depois passamos para uma conversa sobre a eletiva em um todo. Para isso, preparei onze perguntas, apêndice B, com o intuito de explorar múltiplos aspectos do projeto, incluindo desafios, aprendizados e percepções sobre metodologias ativas e tecnologia. O formato incentivou a interação, a escuta ativa e a construção coletiva de ideias, sem a necessidade de uma resposta "correta", mas promovendo um diálogo inclusivo.

Através das respostas pude entender mais sobre a opinião dos alunos, individual e coletiva. Os relatos indicaram que o projeto transcendeu a mera execução de tarefas técnicas, promovendo um aprendizado significativo. Os alunos mencionaram que as atividades contribuíram para seu desenvolvimento pessoal e acadêmico, ampliando habilidades como trabalho em equipe, pensamento crítico e resolução de problemas. Além disso, destacaram a relevância de abordagens interdisciplinares que conectam tecnologia, sustentabilidade e educação.

Na décima segunda aula os alunos ficaram responsáveis pelos ajustes finais da extrusora, mas logo percebemos um problema na estrutura do Hotend, que estava dificultando a passagem do filamento. Para conseguir realizar essa etapa os alunos decidiram remover a

ventoinha, o que os levou a discutir sobre como fixariam a peça na base sem essa parte. Depois de muitas discussões decidiram que colocariam um pedaço de metal para prender a extrusora na madeira e garantir a estabilidade da peça, como pode ser observado na figura 20.

Figura 20: Ajuste na estrutura da extrusora



Fonte: dados da pesquisa

Outro problema enfrentado nessa aula foi a falta do notebook que estávamos usando – os membros do clube de ciências estavam usando – e os disponibilizados na escola não aceitam a instalação de aplicativos, como solução tivemos que usar o notebook pessoal da professora. Apesar dos problemas, conseguimos ir para os testes, que acabaram sendo mais difíceis do que esperávamos. Durante a moldagem dos filamentos, os alunos perceberam que eles estavam ficando esbranquiçados, já que na temperatura usada, o plástico superaquecia, apresentando falhas que comprometem a uniformidade do material. Para resolver esses problemas, os alunos foram pesquisar as variáveis que poderiam ser ajustadas, como temperatura e velocidade de tração, para que na última aula fossem realizados os ajustes necessários.

A última aula ficou marcada pelos ajustes e testagem final do protótipo. Depois de pesquisarem sobre os problemas da aula passada, os alunos ajustaram dois fatores essenciais para o funcionamento do protótipo, a temperatura e velocidade de tração. Depois de vários esforços, concluíram que a redução da temperatura de 245°C para 215°C, aliada a uma velocidade de tração mais baixa, daria filamentos com qualidade superior, sem bolhas ou falhas estruturais, como pode ser observado na figura 21, a seguir. Esse avanço foi recebido com entusiasmo, e os alunos celebraram a finalização bem-sucedida do protótipo, reforçando o senso

de realização coletiva. Antes do término da aula conversamos sobre a culminância e os principais pontos do projeto, revisando todas as etapas realizadas desde o início do semestre.

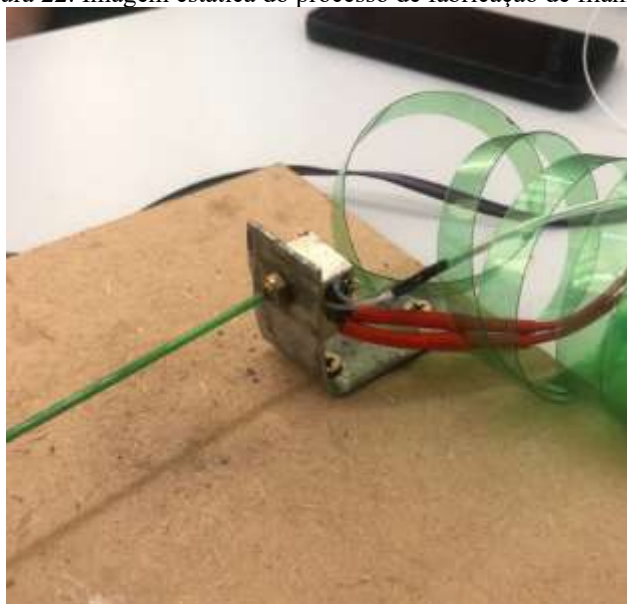
Figura 21: Foto de filamento de PET produzido pelos estudantes



Fonte: dados da pesquisa

Na culminância estavam presentes as três alunas do grupo, e elas apresentaram o projeto da extrusora para os pais, alunos, professores e público externo, mostrando cada etapa, desde o corte da garrafa até o filamento pronto e explicando sobre algumas questões que surgiram ao longo da eletiva, como diferença entre as garrafas transparentes e verdes, o que acontece quando colocamos a temperatura errada e o porquê acontecem as falhas, a diferença de valor entre os filamentos e a qualidade de cada um, entre outras discussões. Foi um momento bem importante para os alunos, ficando evidente o domínio que eles tinham sobre o projeto e os conteúdos estudados. Além disso, durante essa explicação surgiram novos questionamentos e testes, como o que seria feito para juntar um filamento no outro. Essa dinâmica foi bem construtiva para os alunos, sendo um momento de validação do projeto. Apresentamos na figura 22 uma imagem estática do processo de produção dos filamentos executados na extrusora.

Figura 22: Imagem estática do processo de fabricação de filamento



Fonte: dados da pesquisa

No decorrer da culminância, a professora Bárbara nos procurou e mostrou um interesse em continuarmos com a parceria no semestre seguinte, com o objetivo de utilizarmos esses filamentos para outros projetos. Essa ideia foi bem aceita pelos membros do projeto Casio, então começamos o planejamento da próxima disciplina eletiva a ser oferecida em parceria. No começo do ano de 2025, durante o Feirão, fomos procurados pelos alunos do grupo da extrusora para que eles pudessem fazer parte dessa nova disciplina, nos sensibilizando, principalmente por lembrar da resistência que eles apresentaram durante a primeira aula da eletiva Mak3R's.

A partir dessa procura tivemos a oportunidade de continuar trabalhando com esse grupo de alunos, e em um dos encontros dessa nova eletiva, denominada “NanoMak3R's: pequenas ações, grandes mudanças”, nos reunimos para conversarmos sobre essa mudança de perspectiva que eles nos mostraram. Durante a conversa, cada um relatou o que achou da eletiva passada e como a participação naquele projeto os tinham transformado tanto em relação aos estudos quanto ao lado pessoal.

Julgamos pertinente relatar como as aulas foram desenvolvidas ao longo da eletiva, mostrando um panorama geral da disciplina eletiva “Mak3R's: Transformando Ideias em Ação”, já que os dados produzidos e analisados na pesquisa aqui relatada nesta dissertação foram gerados nessa disciplina eletiva.

4.4 Organização dos dados

Apresentamos aqui como foi feita a organização dos dados produzidos nesta pesquisa, evidenciando os temas que emergiram durante os encontros. A primeira etapa para organizá-

los foi transcrever todos os encontros realizados e os relatos da professora Bárbara e dos alunos, para que eu pudesse olhar detalhadamente para todos os dados, linha por linha, que é defendido por Strauss e Corbin (2008) como uma microanálise⁴¹, sendo uma investigação minuciosa e importante para o desenvolvimento da teoria estudada e que mesmo demandando muito tempo surte bons resultados para a análise dos dados.

Com esse processo em mente, realizei uma primeira leitura me questionando sobre o que estava acontecendo em cada momento, percebendo que os alunos aceitaram bem o uso da Cultura *Maker* e do STEM, mostrando as possibilidades geradas pelo uso dessas abordagens e o como elas se complementam durante as aulas; a investigação dos problemas que surgiram durante as discussões; e o uso das tecnologias como recurso que possibilitasse as interpretações geradas, buscando soluções para esses problemas.

O primeiro passo depois das transcrições foi destacar os trechos que dialogavam com as minhas percepções, para que depois fosse feita uma análise identificando as ideias principais discutidas durante os encontros. Esse processo também foi feito com os diários de campo, com o intuito de identificar o que estava acontecendo em cada uma das aulas.

Para dar prosseguimento à organização e análise, utilizei a triangulação dos dados que foram observados até aquele momento, relativos às transcrições das aulas, relato da professora Bárbara e dos alunos, diário de campo e folhas de atividades. A partir de todos os recursos usados para a produção de dados, retomei as transcrições, para que eu pudesse analisar e separar as temáticas que se destacavam em cada um dos 16 encontros analisados, baseado nas considerações desse primeiro movimento feito. Destaco que esse movimento coincide com a interrogação da pesquisa, já que procuro: o que emerge da interação entre Cultura *Maker* e abordagem STEM em uma disciplina eletiva com alunos da primeira série do Ensino Médio? Com isso, me baseei nas interpretações e falas dos alunos para fazer o movimento de organização dos dados.

O planejamento da eletiva tem como fundamentação teórica os cenários para investigação (Skovsmose, 2000) e a experimentação com tecnologias (Borba; Villarreal, 2005), portanto os destaques feitos correspondem ao aceite ou não dos alunos para as investigações que se revelaram no decorrer da eletiva, bem como aos testes e hipóteses possibilitados através da inserção das tecnologias digitais durante as aulas. Na figura 23, a seguir, explico o processo utilizado na análise de cada encontro, na qual fui categorizando as temáticas identificadas.

⁴¹ Microanálise: a análise detalhada linha por linha, necessária no começo de um estudo para gerar categorias iniciais (com suas propriedades e suas dimensões) e para sugerir relações entre categorias; uma combinação de codificação aberta e axial. (Strauss e Corbin, 2008, p.65)

Figura 23: Primeiros movimentos realizados para organização dos dados

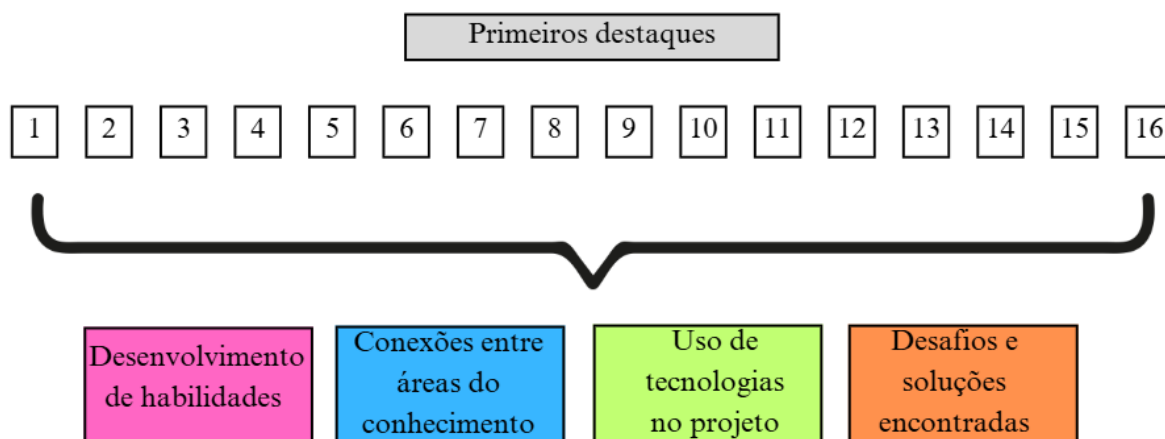
Feirão	Liberdade de escolha
1ª aula	Liberdade de escolha
	Intervenção da professora
	Dificuldade em entender o funcionamento dos componentes
	Falta de engajamento
2ª aula	Uso do youtube
	Dificuldade em ligar os componentes
	Falta de engajamento
3ª aula	Dificuldade em trabalhar em equipe
	Mudança na dinâmica
	Conscientização ambiental
	Receio da professora
	Distância do cabo para a lâmina
	Diâmetro de diferentes garrafas
	Uso do youtube
	Autonomia
	Divisão de tarefas
	Vergonha
	Posição do protótipo
	Funcionabilidade
	Qual melhor material para o fatiador
	Engajamento
	Comunicação
serrar o cabo de vassoura	

Fonte: elaborado pela autora

Esse processo⁴² foi feito em todos os 16 encontros, onde foram destacados alguns trechos mais evidenciados e enfatizados nos encontros. Após essa etapa buscamos separar esses dados por cor, na tentativa de agrupá-los por tema emergente. Nesse processo de organização, usando o procedimento de microanálise articulado com a triangulação, pude observar as demais fontes de dados. Com isso, obtivemos um primeiro panorama de possíveis temas emergentes, e a partir dele refiz o movimento feito até o momento com a perspectiva de refinar os temas. Na figura 24, esquematizo os temas emergentes.

⁴² Para visualizar os destaques de todos os encontros, acesse:
<https://docs.google.com/spreadsheets/d/10ThnF5jBN2-0d76tqi-xHGxEg2grIW-Z/edit?usp=sharing&oid=118261922608095185822&rtpof=true&sd=true>

Figura 24: Movimento realizado para a organização dos dados



Fonte: elaborado pela autora

A partir desse movimento, consegui identificar diversos temas recorrentes nos registros dos encontros que constituíram o cenário investigado. No entanto, após uma última leitura dos dados, percebi que esses temas podiam ser organizados em torno de quatro grandes eixos de análise, que se entrelaçam e se complementam ao longo de toda a experiência.

O primeiro eixo, “Desenvolvimento de habilidades e competências”, refere a criatividade, colaboração, comunicação e pensamento crítico dos estudantes. Essas competências e habilidades aparecem de forma constante nos encontros, seja na resolução de problemas, na divisão de tarefas, nas discussões em grupo ou na tomada de decisões coletivas.

O segundo eixo, “Conexões entre áreas do conhecimento”, destaca como diferentes disciplinas, especialmente Matemática, Física e Química, contribuíram para o desenvolvimento do projeto. Essas áreas surgiram de maneira prática, por meio de cálculos, análises de materiais, temperatura de fusão do PET, entre outros momentos em que o conhecimento científico foi mobilizado pela abordagem STEM.

O terceiro eixo, “Uso de tecnologias no projeto”, evidencia o papel das tecnologias usadas ao longo das etapas. Desde o uso de calculadoras científicas, YouTube, Chat GPT e programação até as dificuldades enfrentadas pela falta de internet ou equipamentos, a tecnologia esteve presente tanto como aliada quanto como desafio, influenciando diretamente a experiência dos estudantes.

Por fim, o quarto eixo, “Desafios e soluções encontradas”, reúne os obstáculos enfrentados e as estratégias criadas pelos alunos e pela pesquisadora para superá-los. Este eixo evidencia como os estudantes lidaram com imprevistos, testaram alternativas e buscaram caminhos viáveis para concretizar suas ideias, desde problemas técnicos com a montagem do protótipo até questões de organização para o trabalho em equipe.

A partir dos temas evidenciados, proponho a construção de um fio condutor que permita compreender as relações entre eles, destacando como a interdisciplinaridade se concretiza nas atividades desenvolvidas com o grupo de estudantes da eletiva que ministrei, em parceria com a professora Bárbara e Franciele. Com isso, a seguir é feita uma discussão sobre os dados, buscando levantar aspectos que contemplem a pergunta desta pesquisa: O que emerge da interação entre Cultura *Maker* e abordagem STEM em uma disciplina eletiva com alunos da primeira série do Ensino Médio?

5 ANÁLISE DOS DADOS: PERCURSOS E DESCOBERTAS DO PROCESSO INVESTIGATIVO

Como já apresentamos na seção anterior, os eixos emergentes da análise dos dados produzidos foram: “Desenvolvimento de habilidades e competências”, “Conexões entre áreas do conhecimento”, “Uso de tecnologias no projeto” e “Desafios e soluções encontradas”. A análise desses eixos contribuiu para alcançarmos o objetivo da pesquisa, que é investigar as potencialidades e os desafios da interação entre a Cultura *Maker* e a abordagem STEM em uma disciplina eletiva para estudantes da 1ª série do Ensino Médio, e para construir respostas à pergunta norteadora, “o que emerge da interação entre Cultura *Maker* e abordagem STEM em uma disciplina eletiva com alunos da primeira série do Ensino Médio?, ao evidenciar como a interação entre a Cultura *Maker* e a abordagem STEM potencializou o processo de aprendizagem dos alunos no contexto investigado.

Como alertam Holanda e Bacich (2020, p. 38), “devemos cuidar para que o produto final não se torne o foco do projeto; o mais importante é o aprendizado construído ao longo das etapas que permitirá chegar ao produto final, ou seja, o que mais importa é o processo”. Essa perspectiva orientou nossa análise, priorizando as experiências, desafios e aprendizagens construídas coletivamente pelos estudantes.

5.1 Desenvolvimento de habilidades e competências

As ideias que compõem este eixo dizem respeito às habilidades e competências que foram identificadas ao longo da eletiva, sejam elas descritas pelos próprios alunos, pela professora, ou detectadas ao longo das discussões e práticas. Em algumas pesquisas, como no caso de Chiruguru (2020), podemos elencar algumas competências que são consideradas essenciais para serem trabalhadas e desenvolvidas com os alunos no século XXI. Para o autor, antigamente era necessário apenas saber leitura, escrita e aritmética, mas, “se os estudantes de hoje quiserem competir nessa sociedade global, eles também precisam ser comunicadores proficientes, criadores, pensadores críticos e colaboradores” (Chiruguru, 2020, p. 3, tradução nossa), e essas competências descritas por ele, são conhecidas como os 4C’s⁴³ da educação.

⁴³ Neste trabalho, adotamos a distinção entre habilidades e competências, compreendendo as habilidades como ações específicas e observáveis, mobilizadas pelos estudantes em situações concretas, enquanto as competências são entendidas como dimensões mais amplas, que envolvem a articulação de conhecimentos, habilidades e atitudes em contextos situados. Nessa perspectiva, os 4Cs são tratados como competências, cuja mobilização se dá por meio de diferentes habilidades manifestadas ao longo do processo de ensino e aprendizagem.

Chiruguru (2020) defende que os 4C's devem ser totalmente integrados dentro das salas de aula para que os alunos estejam preparados para os desafios do mundo em que vivemos, e um dos caminhos para trabalhar com essas habilidades, segundo Bacich e Holanda (2020) e Garofalo e Bacich (2020), é a inserção do *maker* e do STEM nas escolas. A seguir, apresento cada uma dessas competências e algumas habilidades de forma separada, evidenciando como foram desenvolvidas ao longo das aulas e quais práticas da eletiva possibilitaram sua mobilização pelos alunos.

A primeira que iremos analisar é o pensamento crítico, que se manifestou desde os momentos iniciais em que os alunos se depararam com desafios práticos e precisaram refletir sobre os próprios conhecimentos, identificar lacunas e buscar alternativas. Esse processo tornou-se evidente quando, diante das dificuldades, reconheceram a necessidade de ampliar o estudo e aprofundar o entendimento sobre o projeto e os materiais que utilizaram no protótipo:

G: Aprendemos hoje que...
 J: Não funciona
 A: A gente precisa de mais estudos para conseguir fazer
 Bárbara: Vocês estão animados?
 G: Sim
 P: Sim, lógico (Trecho da transcrição do encontro do dia 09/08/2024)

Esse diálogo revela um primeiro movimento de consciência crítica sobre o processo de aprendizagem, algo essencial para o desenvolvimento de outras competências. Como apontam Filatro e Cavalcanti (2023, p. 25), o pensamento crítico envolve “reflexões e julgamentos realizados pela análise de conteúdos, experiências e observações prévias”, o que ficou evidente quando os estudantes começaram a propor hipóteses e testar soluções para os problemas encontrados.

A progressão dessa competência pôde ser notada quando os alunos começaram a pensar em estratégias para a montagem do protótipo, refletindo sobre os materiais que seriam mais adequados:

G: Eu tive uma ideia, tive uma ideia. O negócio é o seguinte, ó. A gente vai fazer assim, ó. Vai passar o cano, certo? Passou o cano. Aí, por exemplo, vamos pôr aqui, ó. O cano vai estar aqui. Aí nós vai fazer um furinho. Fazer um furinho aqui.
 Thainá: mas aí não vai ficar bambo?
 A: Confia, ó. Na hora que você furar aqui, ele vai travar, certo? Aí a gente trava aqui em cima também. Aí ele não vai mexer e não vai sair
 Thainá: Não, mas aí vai ficar bambo na madeira.
 G: É, mano.
 A: Eu acho que a gente enfia aqui e a gente tem que dar um jeito de passar. Porque vai ficar mais pra baixo. Aí, tipo, quando ficar de pé vai ficar bom. (Trecho da transcrição do encontro do dia 30/08/2024)

Esse tipo de diálogo mostra o exercício de análise crítica sobre as possibilidades que eles tinham, além de uma disposição para avaliar prós e contras de diferentes alternativas, um processo que, segundo Filatro e Cavalcanti (2023), é alimentado pelo pensamento analítico e pela inovação, especialmente em ambientes de aprendizagem ativa.

Além disso, a capacidade de discutir coletivamente as melhores soluções demonstra que o pensamento crítico não se desenvolveu isoladamente, mas de forma integrada à colaboração e à comunicação entre os alunos. Em outro momento, a escolha entre diferentes materiais nos mostrou essa habilidade de pensar em vantagens e desvantagens das nossas escolhas:

A: Tem que ver com o grupo. Preferem usar cabo de vassoura ou cano?
 P: Cano. Não, não, se bem que o cabo de vassoura vai ser mais fácil pra nós colocar aqui.
 J: Vai ter que ser o de madeira mesmo. Vamos arrumar a merda do cabo de vassoura.
 A: É porque o cabo de vassoura é fácil de arrumar.
 Thainá: Mas aí o que vocês vão fazer?
 G: Ele tem que ser o cabo de vassoura de madeira.
 Thainá: Mas não vai ficar a bamba com a madeira? Tem que ficar com o parafuso aqui?
 A: Não, não, empresta aqui. Ó, dependendo da espessura do prego ou alguma coisa assim, tem que ser um prego fino. Mas eu acho que prego também não vai dar certo. Vai ter que ser um parafusinho. E aí você vai ter que parafusar, o cabo de vassoura não pode ser fino porque senão vai rachar. Aí colocar uma buchinha lá porque senão não vai parar, entendeu? Aí... Deixar tipo reto ali embaixo o negócio.
 P: Porque o cano PVC não vai dar pra prender...
 A: Vai ser mais difícil. Eu acho que vai ser mais difícil de fixar. (Trecho da transcrição do encontro do dia 30/08/2024)

Essas trocas sugerem que o grupo não apenas seguiu instruções, mas foi capaz de questionar e propor alternativas, promovendo uma postura investigativa e reflexiva. Tal movimento se alinha ao que Lima (2020, p. 124) defende ao afirmar que “para preparar os alunos para serem líderes inovadores, é necessário focar no pensamento crítico”.

Os momentos de reflexão não se restringiram à parte prática. Também tivemos debates mais amplos, como na discussão sobre o impacto das ações individuais no comportamento de grandes empresas:

Thainá: Mas vocês acham que as nossas ações individuais conseguem influenciar as grandes empresas a mudarem?
 G: Não.
 J: Depende.
 A: Depende de que empresa que você está falando.
 P: Eu acho que sim.
 J: A gente só consegue influenciar para continuar usando ou não
 N: Eu acho que sim.
 J: Se a gente parar de usar esse tipo de plástico.
 A: É, eu acho que se a gente parar de usar
 J: Mas ninguém pode comprar, né?
 Thainá: Não entendi, se a gente parar de comprar eles param de fabricar?
 J: É

L: É a mesma coisa quando alguma coisa sai de linha. É só parar de comprar que sai de linha

J: É

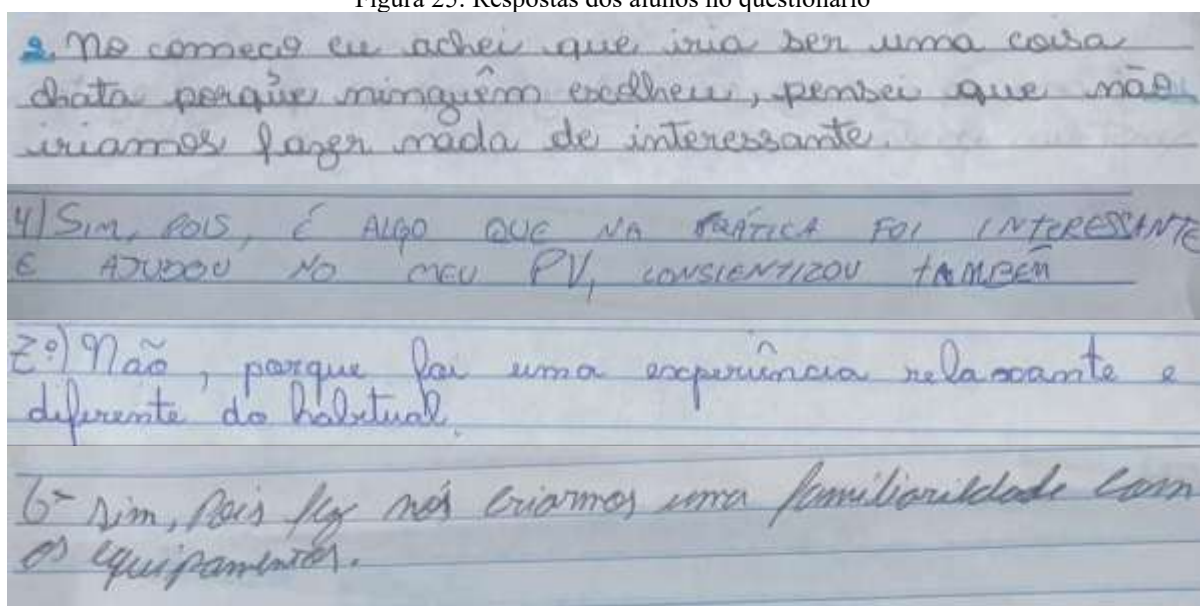
L: Então se todo mundo parar de usar as empresas vão parar de vender. Ai as pessoas não vão ter mais para jogar lixo no meio ambiente. (Trecho da transcrição do encontro do dia 08/11/2024)

Essa discussão revela o amadurecimento do pensamento crítico, que passou de questões operacionais para reflexões sobre o papel social e ambiental dos indivíduos e das empresas. No diário de campo, essa evolução também foi registrada:

Durante a discussão, alguns alunos argumentaram que reciclar em pequena escala pode ser insignificante numericamente, mas um aluno enfatizou que é fundamental pensar na intenção e no impacto de pequenas ações, promovendo uma mudança de consciência. (Trecho do diário de campo do dia 18/10/2024)

A experiência prática foi decisiva para engajar os alunos nesse processo, como indicam seus relatos:

Figura 25: Respostas dos alunos no questionário



Fonte: dados da pesquisa

Essas falas indicam que a prática, aliada à discussão e criticidade, foi capaz de promover a aprendizagem, favorecendo o desenvolvimento de competências para além do conteúdo técnico. Como reforça Rocha (2018, p. 159), o ato de buscar soluções de forma colaborativa “já envolve as pessoas no compromisso de tornar aquela solução uma prática, uma realidade”.

Em relação à comunicação, é possível afirmar que o desenvolvimento dessa competência foi uma das conquistas mais significativas ao longo da disciplina eletiva “Mak3R’s: Transformando ideias em ação”. A proposta de colocar os alunos no centro do processo de aprendizagem, que é uma característica fundamental tanto da Cultura *Maker* quanto da abordagem STEM, favoreceu a criação de um ambiente no qual a comunicação se tornou o

elo entre o conhecimento e as relações pessoais. Como destaca Garofalo e Bacich (2020, p. 185), “a comunicação efetiva, usando habilidades verbais e não verbais, assim como a construção de relacionamento no grupo, organizando de forma saudável as conexões entre os participantes, são alguns recursos propostos [...] para incorporar as habilidades socioemocionais em sala de aula”. Essa perspectiva revela-se central em contextos nos quais os alunos precisam articular ideias, ouvir o outro e negociar decisões coletivas, como ocorreu durante os encontros do grupo do projeto da extrusora.

Durante as aulas, os momentos de diálogo entre os alunos foram essenciais para resolver impasses e fortalecer o trabalho em equipe. Em uma das discussões sobre a metodologia da própria eletiva, evidencia-se o quanto o grupo se sentiu ouvido e valorizado:

Thainá: É, a ideia da minha pesquisa é trabalhar com metodologia ativa. E nisso eu estou tentando tirar o foco do professor e colocar o aluno no centro do processo. Entendeu?
 J: Isso é foda.
 G: Gostei, foi bom.
 P: Foi produtivo, gostei
 Thainá: Vocês acham que tinha que ter alguma coisa diferente?
 A: Não, foi tudo ótimo. (Trecho da transcrição do encontro do dia 08/11/2024)

Essa troca sugere uma comunicação entre professora e alunos, na qual o espaço para opinião e reflexão coletiva reforçou o sentimento de pertencimento. Segundo Moran (2018, p. 9), “os projetos pedagógicos inovadores conciliam, na organização curricular, espaços, tempos e projetos que equilibram a comunicação pessoal e a colaborativa, presencial e on-line e que, sob orientação de um professor, nos levam a um patamar mais elevado de síntese e de novas habilidades”. Esse equilíbrio foi observado ao longo do semestre, especialmente quando os alunos, antes tímidos, passaram a participar mais ativamente das discussões.

A professora de química, em seu relato, reforçou essa percepção:

A Thainá conseguiu dentro do projeto da extrusora fazer com que evidentemente os alunos crescessem durante o semestre. Em poucos meses esses alunos se transformaram. Eles eram tímidos, desconfiados e no final do projeto eles estavam fazendo filamento para impressora 3D com muito orgulho do projeto que eles estavam envolvidos. E essa apropriação do projeto ficou evidente no dia da culminância. As meninas mais tímidas do grupo foram as que mais apresentaram esse projeto nesse dia. (Relato da professora Bárbara).

O desenvolvimento da comunicação entre pares também se revelou um ponto-chave. Moran (2018, p. 11) reforça que “é cada vez mais importante a comunicação entre pares, entre iguais, dos alunos entre si, trocando informações, participando de atividades em conjunto, resolvendo desafios, realizando projetos, avaliando-se mutuamente”. Essa ideia ficou evidente

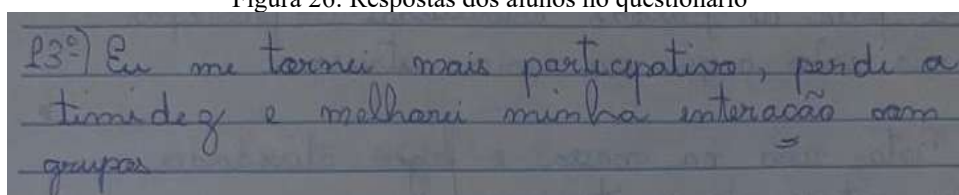
quando o grupo, inicialmente formado por alunos que não escolheram estar ali como primeira opção, refletiu sobre o percurso:

Thainá: Hoje, sabendo tudo o que fizemos, todas as aulas e as discussões, vocês se arrependem de terem vindo pra esse grupo?
 P: Não
 A: Eu não. Não vou mentir, no começo, quando vocês falaram a gente levantou a mão para o grupo da calculadora, mas todo mundo queria aquele grupo, aí a gente falou, vamos pro outro
 P: É
 Thainá: É, no meu ninguém queria vir
 J: É
 L: É que todo mundo queria a calculadora, a gente não sabia o que era aqui, a extrusora
 A: A gente pensou que a calculadora era o mais fácil
 L: Não desmerecendo a calculadora (outro grupo), mas tenha dó, esse é melhor
 A: Eu descobri que lá tem que programar a calculadora, credo, não sei e nem gosto, sorte que vim pra cá, lá eu não ia gostar
 J: É mesmo?
 L: É, eles estão programando
 G: Ainda bem que fiquei nesse
 P: Eu era o único que ia gostar de lá. Qual linguagem?
 Thainá: Python
 P: Legal, mas eu gostei de programar aqui. Aquela sala é horrível, eles falam muito. Detestei ficar lá aquele dia
 A: Aí eu falei, tá todo mundo aqui, vamo mudar, vamos pro outro que tem o nome difícil
 J: Sim, e achamos que era legal por que a Bárbara falou que íamos usar as ferramentas
 A: É, a Bárbara falou que a gente ia pra sala *maker*
 Thainá: Vocês vieram só por causa da sala?
 P: É
 G: Não, eu vim porque todo mundo já queria aquele
 A: Não, ele queria vir por causa das ferramentas, pra martelar
 G: Não, é que um grupo ia ficar na calculadora, o que eu ia fazer com uma calculadora? O outro a Bárbara falou de árvores e esse era aqui nessa sala, aí eu pensei o que vamos fazer naquele? Aí eu vim (Trecho da transcrição do encontro do dia 08/11/2024)

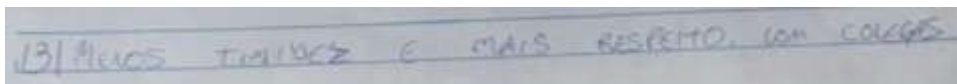
Essa conversa, além de revelar o vínculo construído no grupo, evidencia um progresso na capacidade de comunicação dos estudantes, que se sentiram à vontade para expor suas opiniões e justificar suas escolhas. Soares (2021, p. 119) corrobora essa importância ao afirmar que “um dos principais pilares para que um projeto de inovação seja executado com êxito é uma comunicação clara e objetiva”.

Além disso, os próprios relatos dos alunos reforçam o impacto positivo da eletiva no desenvolvimento da comunicação:

Figura 26: Respostas dos alunos no questionário



P3) Eu me tornei mais participativo, perdi a timidez e melhorei minha interação com grupos



Fonte: dados da pesquisa

Esses depoimentos dialogam com a BNCC, que estabelece como premissa “levar ferramentas digitais para a sala de aula, explorar novos meios de comunicação e ambientes, inserir os alunos no centro do processo de aprendizagem, fomentar a discussão, o desenvolvimento de habilidades” (Soares, 2021, p. 36).

Por fim, a Cultura *Maker*, ao proporcionar um ambiente onde o diálogo, a escuta ativa e a negociação de ideias são essenciais para o andamento dos projetos, reforça o papel da comunicação como competência socioemocional fundamental. Ao longo do semestre, os alunos foram progressivamente rompendo barreiras de timidez e construindo um espaço de convivência e aprendizagem colaborativa. Assim, percebemos que trabalhar a comunicação em projetos pedagógicos inovadores, como defende Moran (2018), é mais do que um recurso: é uma necessidade para formar sujeitos capazes de interagir criticamente em uma sociedade cada vez mais complexa e conectada.

Já a colaboração mostrou-se um dos pilares que mais foi modificado ao longo da eletiva, evidenciando como o espaço *maker* e a metodologia centrada no aluno podem favorecer o desenvolvimento dessa competência de forma progressiva e significativa. Logo nas primeiras aulas, a organização dos grupos revelou uma dinâmica inicial marcada por inseguranças e preferências por trabalhar com colegas mais próximos. Como registrado no diário de campo:

Notei que a divisão foi feita por camada, algo que eu já esperava: as meninas formaram um grupo, e os meninos, outro. Perguntei às meninas se elas não preferiam misturar os grupos, mas elas explicaram que os meninos não eram da mesma turma, então não tinham intimidade com eles e se sentiram envergonhadas. Aceitei essa divisão, mas já fiquei pensando em maneiras de promover mais interação entre os grupos nas próximas aulas, para que eles possam se sentir mais confortáveis em interagir fora de seus círculos de amizade. (Trecho do diário de campo do dia 30/08/2024).

Essa escolha inicial, apesar de limitar a diversidade nas trocas, criou um ambiente seguro que permitiu aos alunos desenvolverem, gradativamente, a confiança necessária para colaborar de maneira mais ampla. Como Bacich (2018, p. 139) ressalta, “o espaço é um fator determinante para ações de colaboração entre pares”, e o laboratório *maker*, com suas bancadas coletivas e ferramentas compartilhadas, potencializou essas interações.

Durante a mesma aula, uma estudante expressou a preocupação com a ideia de misturar os grupos:

L: Legal que o nosso grupo tem 3 pessoas. É o melhor grupo daqui. Pra você ver, ó.
Thainá: Não, mas toda aula a gente vai trocar os grupos.

L: Não faz isso.

Thainá: Vocês podem escolher o que querem fazer, entendeu? Mas é legal ir misturando. É que hoje eles decidiram ficar juntos no fatiador.

L: Ah, tá.

I: Mas a gente pode escolher ficar aqui (juntas) de novo?

Thainá: Semana que vem vamos ter outras etapas do projeto, então podemos trocar e misturar

I: Ah tá, entendi (Trecho da transcrição do encontro do dia 30/08/2024)

A fala revela como, no início, a colaboração se dava mais no âmbito do conforto pessoal do que na perspectiva de interdependência produtiva. Contudo, Moran (2018, p. 8) observa que “o mundo da [...] cultura maker comprova a força da colaboração, do compartilhamento para descobrir novas soluções, processos, produtos, organizações”, indicando que o próprio ambiente pode impulsionar transformações nas relações em grupo.

À medida que os encontros avançaram, foi possível perceber mudanças no modo como os alunos se engajavam nas tarefas coletivas. O diário de campo destaca que:

O progresso desta aula reforça a relevância de dividir tarefas de forma estratégica e de criar um ambiente que valorize a participação ativa e colaborativa. [...] A divisão das tarefas de acordo com o interesse e as habilidades dos alunos facilita a resolução de problemas e promove a colaboração entre os grupos. [...] A separação dos grupos foi realizada de forma livre, permitindo que os alunos escolhessem as tarefas com as quais se sentissem mais à vontade. Esse método gerou um ambiente colaborativo e de respeito, favorecendo o engajamento dos alunos. (Trecho do diário de campo do dia 27/09/2024).

Holanda e Bacich (2020, p. 39) defendem que “é importante que, ao longo dos projetos, eles possam realizar escolhas, organizar a divisão do trabalho e tomar decisões em conjunto”, o que foi evidenciado na experiência dos alunos. Ao serem questionados sobre o aprendizado, os alunos discutiram sobre a colaboração e refletiram sobre o papel de cada membro no grupo:

Thainá: Vamos para a próxima pergunta. Como você avaliaria o seu próprio aprendizado nas atividades?

G: Gigante

A: Foi um aprendizado novo, uma coisa que a gente não sabia fazer. É um conhecimento que a gente adquiriu

P: Eu aprendi bastante

A: Aprendemos serrar e martelar. Foi legal, foi legal

L: Sim, eu gostei, não aprendemos só as coisas que já vemos nas aulas, foi diferente

G: Eu aprendi a trabalhar em equipe

J: Coisa boa, coisa boa

P: Foi bom dividir também

G: É, ele é bom programando, eu em outras coisas, entendeu?

A: É isso. Cada um sabe fazer uma coisa melhor, por isso que a gente é um grupo

I: Sim, cada um fez um negócio

G: Meu trabalho, meu aprendizado foram bons

L: Eu gostei da parte prática, parafusar foi legal. Eu aprendi a fazer as ligações

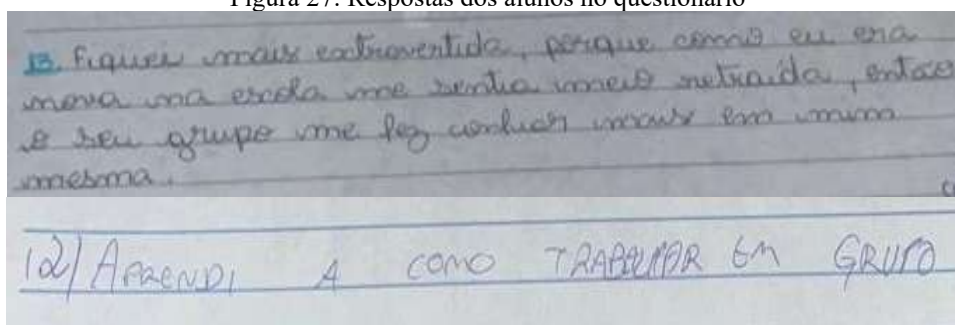
AL: Sim, não sabia mexer com aquelas peças antes e nem conectar os fios para funcionar (Trecho da transcrição do encontro do dia 08/11/2024)

A fala de A, ao destacar que “cada um sabe fazer uma coisa melhor, por isso que a gente é um grupo”, revela o amadurecimento do conceito de colaboração, no qual eles passaram de uma visão inicial de convivência para uma compreensão de interdependência, em que cada habilidade individual contribui para o sucesso coletivo. Rocha (2018, p. 159) argumenta que “o ato de buscar soluções para os problemas de forma colaborativa já envolve as pessoas no compromisso de tornar aquela solução uma prática, uma realidade”, o que fica evidente na forma como os alunos reconhecem as contribuições específicas de cada membro.

Além disso, Garofalo e Bacich (2020, p. 184) reforçam que “a chave para o sucesso na implementação de uma educação inovadora está na mudança do foco das pessoas e na criação de um ambiente que permita a participação dos atores envolvidos”, algo que se consolidou no projeto ao proporcionar espaços para que os alunos se sentissem autores e pertencentes ao processo.

Esses avanços também foram mencionados em outros relatos:

Figura 27: Respostas dos alunos no questionário



Fonte: dados da pesquisa

Como destaca Camargo e Daros (2018, p. 49), “[...] por meio de uma esfera colaborativa, os alunos podem se ajudar e aprender uns com os outros”, uma afirmação que se conecta diretamente com os relatos dos alunos.

Em síntese, a experiência vivida na eletiva nos mostrou como a Cultura *Maker*, ao articular espaço físico, metodologias ativas e tecnologia, pode ajudar na colaboração, promovendo um aprendizado interdisciplinar (Filatro; Cavalcanti, 2023) e formando sujeitos capazes de compartilhar responsabilidades e construir soluções conjuntas para problemas reais. Além disso, como observa Moran (2018, p. 11), “as tecnologias facilitam a aprendizagem colaborativa”, algo que se refletiu no uso das ferramentas digitais e físicas no laboratório *maker*, tornando o trabalho em equipe não apenas necessário, mas desejado pelos alunos.

Em relação à criatividade, nota-se que a proposta da eletiva se configurou como um espaço fértil para o desenvolvimento dessa competência, sobretudo pela interação da Cultura *Maker* e da abordagem STEM. Embora a abordagem STEM tradicionalmente enfatize Ciência,

Tecnologia, Engenharia e Matemática, há críticas⁴⁴ quanto à pouca ênfase na criatividade como elemento central do processo educativo (Bacich; Holanda, 2020), lacuna que a Cultura *Maker* supre de maneira significativa. Bacich e Holanda (2020, p. 44) destacam que a produção de protótipos “pode abrir possibilidades para estimular a criatividade dos alunos, mesmo em cenários que não haja materiais complexos para serem empregados em seus protótipos”. Essa perspectiva é reforçada por Correa e Tomceac (2020, p. 74), ao afirmarem que “a cultura maker enfatiza que os estudantes podem se envolver com projetos e resolver problemas de seu entorno com criatividade e bastante senso do fazer”, sinalizando que o aprendizado se torna mais significativo quando os alunos assumem um papel ativo na criação de soluções.

Essa valorização da criatividade não se restringe ao campo educacional, mas também dialoga com as demandas do mercado de trabalho. Lima (2020, p. 121) observa que “a sensibilidade e a criatividade são características que o mercado profissional já demanda e demandará cada vez mais”. E essa ideia é complementada por Daros (2018, p. 4), que afirma que “todas as pessoas têm a capacidade de inovar, mas [...] a inovação envolve dois elementos fundamentais: a criatividade e a produção de novas ideias”. Tais conceitos materializaram-se quando os alunos começaram a pensar em formas de arrecadar garrafas PET para o projeto:

I: A gente pensou num projeto para arrecadar garrafa PET. Que a gente pensou primeiro, em pegar uma caixa de papelão, decorar ela para colocar em algum ponto estratégico da escola pra gente conseguir arrecadar. (Trecho da transcrição do encontro do dia 30/08/2024)

Essa iniciativa revela o que Moran (2018, p. 3) descreve como a importância de

[...] estimular a criatividade de cada um, a percepção de que todos podem evoluir como pesquisadores, descobridores, realizadores; que conseguem assumir riscos, aprender com os colegas, descobrir seus potenciais. Assim, o aprender se torna uma aventura permanente, uma atitude constante, um progresso crescente.

Ao propor soluções para problemas reais, os estudantes não só desenvolveram competências técnicas, mas também mobilizaram habilidades criativas e colaborativas.

No entanto, a prática criativa nem sempre ocorreu sem obstáculos. Em um momento, os alunos enfrentaram dificuldades técnicas para fazer o protótipo da extrusora funcionar. A tentativa de diagnosticar o problema ilustra a investigação e a disposição para experimentar:

A: Porque não ligou o negócio. Não ligou
A: Se for... se tiver que ligar nesses dois e esses dois vir aqui
Bárbara: Inverter?

⁴⁴ Em alguns contextos, o foco excessivo em resultados técnicos e soluções corretas pode limitar o pensamento criativo dos estudantes (Bacich; Holanda, 2020), lacuna que a Cultura *Maker* busca suprir ao valorizar a experimentação, o erro e a autoria no fazer.

A: É. Porque não ligou nem o... não apareceu nada que ligou aqui (Trecho da transcrição do encontro do dia 09/08/2024)

Esse processo de tentativa e erro está em consonância com Soares (2021, p. 94), que destaca que na Cultura *Maker* “a criatividade e a imaginação ganham força. Lá tudo pode ser construído, especialmente soluções que resolvam problemas reais da escola, ou da sociedade como um todo”. Além disso, Rocha (2018, p. 196) reforça que “é por meio da criatividade que os participantes chegam a resultados surpreendentes na busca de soluções para desafios complexos”.

Em outro momento, a criatividade emergiu em resposta a limitações do material disponível, como quando os fios não alcançavam a posição necessária:

J: Mano, o fio não vai alcançar. Não dá pra ligar assim.
 I: É, eu tinha pensado em virar a fonte pro outro lado, mas mesmo assim não chega.
 AL: Ou a gente pode trocar a posição do motor e do hotend.
 G: Mas aí vai ferrar todo o suporte. Melhor não mexer nisso.
 J: Então como a gente faz?
 L: Acho que dá pra pegar outro fio e emendar. Tipo, descascar as pontas e unir.
 J: Ah, pode crer! Igual quando a gente faz extensão em casa.
 I: Mas será que dá certo? Não vai queimar?
 J: Não, é só isolar bem depois com fita isolante. Fica tranquila.
 L: Então fechou. Vamos emendar os fios e deixar maior. (Trecho da transcrição do encontro do dia 27/09/2024)

Essas trocas indicaram o que Daros (2018, p. 6) defende ao afirmar que “o professor precisa [...] criar um ambiente de confiança, promotor de debates, criatividade e reflexão que exercite a capacidade de o aluno correr riscos por meio de sua exposição, opinião, etc”. Na prática, a solução foi testada, ajustada e aplicada com sucesso, mostrando a aprendizagem como resultado de um processo investigativo.

Além disso, momentos de frustração também foram transformados em oportunidades criativas. Ao perceber que a temperatura elevada estava causando falhas no filamento produzido, o grupo propôs ajustes técnicos:

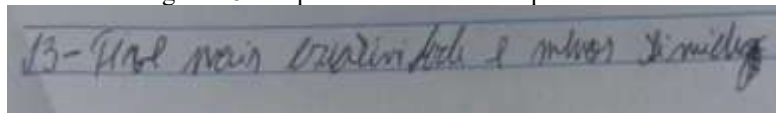
L: Gente, de novo quebrou o fio. Tá ficando tudo branco e esfarelado.
 I: Acho que tá muito quente.
 G: É... pode ser. O plástico tá derretendo demais.
 A: E se a gente diminuir a temperatura um pouco? Tipo, uns 10 graus?
 P: Boa. E também podemos puxar mais devagar, né? Tá indo rápido demais.
 J: Verdade. Vai dar tempo do plástico esfriar um pouco e não arrebentar.
 L: Então bora tentar os dois: temperatura mais baixa e puxar com calma.
 G: Fechou. Se der certo, a gente acerta o ponto. (Trecho da transcrição do encontro do dia 22/11/2024)

Esse cenário dialoga com Rocha (2018, p. 169), que observa que “a criatividade, aliada à força do coletivo, impulsiona a confiança das pessoas”, e com Moran (2018), ao destacar que

o aprendizado se torna uma “aventura permanente”. Aqui, o coletivo encontrou soluções melhores do que aquelas que talvez surgissem de forma individual.

Por fim, em um relato sobre a experiência vivida ao longo do semestre, evidencia o desenvolvimento da criatividade como resultado da abordagem adotada:

Figura 28: Respostas dos alunos no questionário



Fonte: dados da pesquisa

Esse depoimento reforça a análise de Soares (2021, p. 86), para quem “o desenvolvimento da criatividade se faz imprescindível na escola do século XXI”, e resume o desenvolvimento dos alunos ao vivenciarem um espaço que lhes permitiu errar, ajustar e criar. Em consonância a essa ideia, Moran (2018) e Bacich e Holanda (2020) enfatizam que colocar o estudante no centro do processo educativo, em um ambiente que valorize a experimentação e a autonomia, é essencial para formar cidadãos críticos, criativos e preparados para os desafios do mundo.

Assim, ao articular teoria e prática, observa-se que a eletiva contribuiu significativamente para o desenvolvimento da criatividade dos estudantes, não apenas como habilidade técnica, mas como uma competência transversal que se manifestou na resolução de problemas, no trabalho colaborativo e na capacidade de transformar limitações em oportunidades de inovação.

Além dos 4C’s, conseguimos identificar outras competências e habilidades que foram trabalhadas ao longo da eletiva, como habilidades manuais e autonomia, tendo o engajamento como um elemento facilitador para o desenvolvimento das habilidades citadas até agora (Daros, 2018). E embora a eletiva já tivesse um objetivo traçado, que era a construção de uma extrusora, desde o início buscamos deixar os alunos os mais livres possíveis para tomar decisões, justamente para estimular o protagonismo e a autonomia, princípios defendidos tanto pela Cultura *Maker* quanto pela abordagem STEM (Pugliese, 2020). Coube a eles decidirem o tipo de extrusora, os materiais a serem utilizados e até a organização das etapas do trabalho, em uma prática alinhada à ideia de que “ao estabelecer um produto final, também é necessária a elaboração de uma proposta que permita o desenvolvimento da autonomia do estudante” (Holanda; Bacich, 2020, p. 38).

Como mediadora, a intervenção acontecia apenas quando percebia que alguma escolha poderia comprometer o andamento do projeto, mas, no geral, o espaço era dos estudantes para

experimental, errar e aprender com seus próprios processos. No diálogo a seguir, os alunos refletem sobre essa experiência de autonomia:

Thainá: Ó, durante as aulas, vocês sentiram que tiveram a oportunidade de tomar decisões ou resolver os problemas de forma independente?

G: Resolver os problemas eu não sei, mas...

A: Sim, a vez que eu serrei o cabo de vassoura eu tava independente ali.

P: Era ele e ele.

A: Eu e eu.

L: Sim, a gente fazia merda? Sim, mas... Fazia sozinho pelo menos.

I: É, e era a gente que decidia o que fazer, você não ficava mandando, a gente fazia o que achava certo

J: Às vezes nem era certo, mas a gente errava e arrumava depois

L: No fim deu certo (Trecho da transcrição do encontro do dia 08/11/2024)

Essa liberdade foi valorizada pelos alunos, que destacaram o equilíbrio entre orientação e espaço para autonomia. No diário de campo, foi registrado que

Eles valorizam a liberdade de tomar decisões durante o projeto, enfatizando que o papel da mediadora (minha função) foi essencial para orientá-los sem limitar sua criatividade e capacidade de resolução de problemas. (Trecho do diário de campo do dia 08/11/2024)

Essa prática dialoga com Bacich e Holanda (2020, p. 11), que defendem que:

Como forma de estimular a autonomia e o protagonismo, faz-se necessário dar espaço para que os estudantes escolham o que irão produzir e como fazê-lo, porém é importante ter em mente que a intervenção e a mediação são fundamentais para que os alunos consigam avançar, evitando, assim, que os grupos fiquem estagnados e até mesmo frustrados diante de desafios que não conseguem superar.

Além disso, a construção da autonomia está alinhada com o que Filatro e Cavalcanti (2023), defendem como sendo:

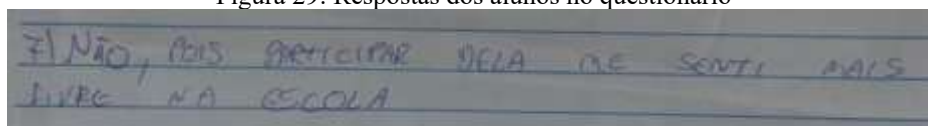
Fator fundamental no processo de aprendizagem, pois equivale à capacidade de uma pessoa agir por si mesma, sem depender de outras pessoas. Freire explica que a construção da autonomia deve estar centrada na vivência de experiências estimuladoras que advêm da tomada de decisão e da possibilidade de o aluno assumir responsabilidade por sua própria aprendizagem. O autor considera que a autonomia é o ponto de equilíbrio entre a autoridade do professor e a liberdade do aprendiz. Por isso, a autonomia produz autoconfiança, estimulando os alunos a exercer um papel ativo no processo de aprender. (Filatro; Cavalcanti, 2023, p. 27).

Essa abordagem evidencia que a autonomia no contexto escolar não é sinônimo de independência total, mas de interdependência. Como destacam Morais et al. (2018, p. 224), “a autonomia na aprendizagem acentua a importância da inter-relação com os outros de forma que o estudante possa assumir maior controle da sua aprendizagem: o estudante autônomo não é independente ou dependente, mas sim interdependente”. Ao permitir que os estudantes participassem ativamente das decisões e assumissem responsabilidades, o projeto proporcionou

um ambiente de aprendizado mais próximo das competências exigidas no século XXI, como apontam os mesmos autores.

Essas percepções a respeito da autonomia ficaram mais evidente no relato de um estudante, que ao ser perguntado se pudesse voltar no tempo ainda hesitaria em escolher o grupo da extrusora, respondeu que

Figura 29: Respostas dos alunos no questionário



Fonte: dados da pesquisa

Esse sentimento dialoga com Moraes et al (2018, p. 220), ao afirmarem que “as escolas que optam por proporcionar real autonomia ao estudante reinventam a arquitetura do ensino com o uso de ferramentas, estruturas e conceitos contemporâneos para construir uma experiência totalmente nova”, preparando-os de maneira mais significativa para os desafios do século XXI.

Ao mesmo tempo em que o projeto estimula a autonomia, os momentos de “mão na massa” possibilitaram aos alunos desenvolverem habilidades manuais pouco exploradas no contexto escolar tradicional. O trabalho com ferramentas e materiais trouxe uma dimensão prática ao aprendizado, característica central da Cultura *Maker*. Para muitos estudantes, foi a primeira experiência com esse tipo de atividade, o que despertou curiosidade e entusiasmo. Esse entusiasmo ficou evidente no diálogo a seguir:

- G: Pô, eu me senti animado quando tive que martelar um...
 J: Aquele pedaço de ferro.
 A: É, eu achei muito legal. Cortar o ferro.
 J: Aquele que ficou torto
 A: Lixar! Foi muito legal lixar, né?
 J: Lixar foi bom também
 A: Lixar, martelar
 L: Mentira
 A: É sério. Ali, olha. A gente lixou ali a peça vermelha.
 J: Aquele martelo que era fininho.
 A: Foi legal (Trecho da transcrição do encontro do dia 08/11/2024)

Momentos como esse indicam como o uso de ferramentas simples pode contribuir para o aprendizado, não apenas como habilidade técnica, mas também como forma de aproximar os alunos de processos criativos e de resolução prática de problemas. Essa prática manual também teve um papel essencial para gerar o engajamento dos alunos com o projeto, funcionando como um elemento motivador que os levou a se envolver ativamente nas atividades. Como destaca Daros (2018, p. 5),

O processo de ensino-aprendizagem deve ter como elemento principal a motivação, com o intuito de gerar o engajamento dos alunos no processo de aprendizagem, levando-os a assumir a responsabilidade pela sua aprendizagem e desenvolvimento e assumir o protagonismo estudantil.

Assim, o engajamento se mostrou uma condição fundamental para que habilidades como autonomia, criatividade e colaboração pudessem ser desenvolvidas ao longo do percurso. Esse engajamento pode ser percebido quando os alunos relatam:

Thainá: O que vocês acharam então dessa parte de por a mão na massa?
 P: Muito bom
 J: A melhor coisa
 A: Eu me senti liberto
 Thainá: o que vocês acharam de trabalhar com Cultura *Maker*?
 L: Mil vezes melhor do que ficar lá na sala
 I: Sim
 A: O bom de lá é o ar-condicionado
 I: Mas aqui tinha antes
 L: Mas quebraram né?
 Thainá: Vocês gostaram?
 L: Sim, lógico
 J: Muito bom
 I: Bem melhor
 Thainá: Vocês acham que deu para aprender bastante coisa?
 L: Sim
 J: Deu
 L: A gente não aprendeu só martelar e essas coisas, foi além (Trecho da transcrição do encontro do dia 08/11/2024)

Daros (2018, p. 9) reforça essa percepção ao afirmar que “para que o aprendizado possa ocorrer, são necessárias duas principais condições: o aluno precisa ter engajamento para aprender e o conteúdo escolar precisa ser potencialmente significativo, ou seja, articulado com a vida e as hipóteses do estudante”.

A valorização dos momentos práticos e o entusiasmo com o aprendizado revelam o potencial da Cultura *Maker* para engajar os alunos em experiências significativas. Como registrado em diário de campo:

No início, os alunos ficaram tímidos, mas à medida que foram falando, a timidez diminuiu. Notei que essa nova abordagem tornou a aula mais leve e descontraída, e, principalmente, colocou os alunos no centro do processo de aprendizagem. Eles trouxeram discussões relevantes e se engajaram na resolução dos problemas que surgiram durante as atividades, mostrando um maior protagonismo no desenvolvimento do projeto. (Trecho do diário de campo do dia 30/08/2024)

Essa leveza e entusiasmo ficaram ainda mais claros quando, em tom de brincadeira, os alunos expressaram:

G: To me sentindo uma criança mexendo nos bagulhos
 J: Eu também (Trecho da transcrição do encontro do dia 30/08/2024)

Essa sensação de alegria e curiosidade resgatada remete à importância de proporcionar experiências de aprendizagem que despertem o interesse genuíno dos estudantes. Ao se sentirem “como crianças”, eles não apenas aprenderam novos conteúdos, mas também experimentaram o prazer de descobrir, criar e transformar, características essenciais para um ensino que busca formar sujeitos ativos e críticos diante do mundo.

As habilidades e competências evidenciadas ao longo da eletiva, desde o desenvolvimento dos 4C's até o protagonismo e autonomia, passando pelo engajamento motivado pelo “colocar a mão na massa”, mostram como a interação da Cultura *Maker* e da abordagem STEM pode oferecer uma experiência de aprendizagem rica, dinâmica e significativa. Essa combinação contribui diretamente para que os alunos lidem com os desafios da sociedade atual, desenvolvendo competências consideradas essenciais para o século XXI, como criatividade, pensamento crítico, comunicação e colaboração (Bacich e Holanda, 2020). A liberdade para decidir, experimentar e colaborar não só potencializou o aprendizado dos conteúdos, mas também fortaleceu aspectos socioemocionais e cognitivos essenciais para a formação integral dos estudantes. Assim, esse eixo de análise evidencia que trabalhar essas competências de forma integrada é fundamental para preparar alunos capazes de enfrentar os desafios reais do mundo, colocando-os no centro do processo educativo e valorizando o percurso tanto quanto o produto final.

5.2 Conexões entre áreas do conhecimento

Uma das premissas do STEM, como podemos observar pela sua própria sigla, é a interdisciplinaridade. Para discutir e analisar esse aspecto, primeiro devemos entender que os conteúdos abordados durante a eletiva não são vistos nessa abordagem como matérias disjuntas, ou seja, como se fossem caixas separadas que não se conectam, mas sim que existe uma conexão entre elas para que possamos entender os conteúdos e associá-los com os problemas na nossa realidade (Moran, 2018; Lorenzin; Assumpção; Bizerra, 2018). Indo ao encontro dessa ideia, Pugliesi (2020, p. 17), defende que o STEM tem “uma intencionalidade em romper com essa segregação” entre as disciplinas, fazendo com que “o aluno consiga ver melhor a relação do que estuda em Matemática com o que estuda em Química, por exemplo” (Pugliese, 2020, p. 17).

Em vista disso, neste eixo analisaremos de que forma as áreas se articularam ao longo dos encontros, permitindo que os alunos percebessem os conteúdos não apenas como algo com utilidade acadêmica e desconectado de seu cotidiano, mas também como conhecimentos aplicáveis na realidade em que vivem e de um jeito que atravessassem os currículos das

diferentes disciplinas. Essa articulação pode criar uma ponte tanto entre as áreas do conhecimento quanto entre a escola e a sociedade.

Essa conexão interdisciplinar foi evidenciada durante a eletiva ao longo de diversas situações práticas. Durante a culminância, os alunos explicaram o funcionamento da extrusora para visitantes, mobilizando de forma natural conceitos de Física, Química e Matemática, evidenciando de que forma essas disciplinas foram trabalhadas e utilizadas durante o semestre letivo:

L: A gente é da eletiva da Bárbara e o nome do projeto é EcoPET e é um projeto sustentável. Então a gente pega a garrafa PET, corta a parte de cima e a parte de baixo e corta aqui embaixo também, se você quiser puxar, tem uma lâmina aqui que ela vai cortando
 Ouvinte: Puxa?
 L: Aham
 Ouvinte: Eu tenho medo
 I: Pode ir sem medo, não machuca
 Ouvinte: Ah, vai cortando
 L: É, até virar isso daqui ó, vai ficar assim
 Ouvinte: A fitinha
 I: É isso
 L: Aí essa pecinha aqui que você tá vendo ela aquece a mais ou menos 213°. Pode puxar aí I
 Ouvinte: Nossa
 L: Aí a gente vai puxando até virar um filamento. Esse daqui é o que a gente fez e tá pronto
 Ouvinte: Nossa, mas vira na hora né, gente?
 I: Vira na hora
 Ouvinte: Olha, meu Deus
 L: Só que tem que tomar cuidado com a temperatura pra ele não ficar esbranquiçado, aí quando fica, tem que diminuir a temperatura
 Ouvinte: Olha... gente é impressionante, mas o que ele faz aqui? Ele aquece?
 L: Ele aquece
 I: Ele aquece e passa por esse buraquinho
 L: Aqui no computador mostra a temperatura que ele tá agora, 216°
 Ouvinte: Nossa, não pode pôr a mão ali né?
 L: Não. tá bem quente, ó, se colocar a mão aqui perto
 Ouvinte: Nossa, tá mesmo
 L: Aí, esse aqui é o filamento comprado e esse o que a gente fez
 Ouvinte: Mas é igualzinho né gente, nossa, fantástico (Trecho da transcrição da culminância)

O diálogo dos alunos nos indica como as fronteiras entre as disciplinas se diluem quando o aprendizado é orientado por problemas reais. Segundo Gonçalves e Silva (2018, p. 64), “a perspectiva interdisciplinar busca quebrar o paradigma de que as disciplinas devem ser apresentadas separadamente, como se não tivessem relações entre si”. Essa ruptura se concretiza quando o estudante deixa de ver os conceitos como abstratos e os conecta à prática: a temperatura de fusão do PET, o processo de extrusão e a programação do Arduino foram discutidos de maneira integrada e natural, revelando a articulação entre ciência, tecnologia e engenharia.

Outro aspecto que podemos notar nesse diálogo é a segurança que os alunos sentiram ao apresentar o protótipo construído por eles, evidenciando o ganho de sentido e significado dos conteúdos trabalhados durante o semestre (Bacich; Moran, 2018). Ao explicarem o funcionamento da extrusora, os estudantes transitaram entre saberes de diferentes áreas, da física envolvida no aquecimento e na tração do material, à matemática presente nos cálculos de proporção e consumo energético, até as discussões sobre sustentabilidade e reaproveitamento de resíduos.

Essa articulação espontânea de conhecimentos ilustra o potencial interdisciplinar do trabalho desenvolvido, em que conceitos antes vistos de forma isolada passam a se relacionar em torno de um mesmo propósito. Além disso, a segurança demonstrada pelos alunos ao dialogar com o público reforça que compreenderam o sentido do que estavam aprendendo, apropriando-se dos conceitos de maneira prática, crítica e colaborativa.

Além disso, o diálogo entre os alunos e outro visitante expôs uma consciência econômica e ambiental da utilização do projeto construído por eles:

L: É assim, isso aqui é uma extrusora e a gente pensou numa coisa sustentável, então a gente pegou garrafa PET. Ai a gente vai cortar a parte de cima e a parte de baixo, vai cortar um pouquinho aqui pra gente puxar aqui na lâmina, certo? Vai sair, tá vendo?

Ouvinte: inaudível

L: É, difícil, mas vai sair assim

Ouvinte: Vai sair uma tirinha

I: É

L: Essa pecinha aqui ela esquenta a 213°, o máximo dela é pra 245° (colocado na programação), mas a gente coloca a 213° e isso vai virar o filamento

Ouvinte: O filamento que vai ser usado na impressora 3D?

I: Isso

L: E depois vai virar essas pecinhas aqui, engrenagens e essas coisas ó. Esse aqui é o que a gente já fez e já tá pronto, e a gente tá fazendo, e aqui é o comprado, que a gente não comprou

AL: Pegamos da escola

L: E esse é um pouco mais maleável

Ouvinte: Mas dá pra trabalhar com isso na impressora?

L: Dá, a diferença é a qualidade e o preço. O comprado é R\$100 e o feito tá em média R\$13. Então qual você acha que compensa mais? A gente fazer ou comprar? É que ninguém vai ter uma extrusora em casa, mas...

Ouvinte: inaudível

L: É isso, a diferença é que esse é mais maleável (Trecho da transcrição da culminância)

Esse momento evidencia a dimensão ética e social do conhecimento, apontada por Carbonell (2016, p. 193) como uma das vantagens da interdisciplinaridade, onde ele afirma que essa conexão defende “a possibilidade de que o aluno possa descobrir as dimensões éticas e sociais do conhecimento, relegadas a um segundo plano no currículo organizado por matérias”.

Outro momento em que a interdisciplinaridade também foi observada foi quando os alunos realizaram cálculos para estimar a quantidade de garrafas PET necessárias para produzir um carretel de 1 kg de filamento, como podemos observar no diálogo e na figura 31 a seguir:

Thainá: Pessoal, a gente sabe que cada garrafa pesa 22,4 gramas, certo? Agora, se a gente quer um carretel de 1 kg de filamento, quantas garrafas vamos precisar?

P: Então 1 kg é 1.000 gramas, né?

G: É. Então divide

A: Dá quanto aí?

L: (mexendo na calculadora) Dá 44,64.

I: Então quase 45 garrafas pra um carretel?

J: Caraca! 45 garrafas PET viram um carretel inteiro de filamento pra impressora 3D?

A: Nunca pensei que gastava tanto.

P: Também, né? 22 gramas parecem pouco, mas quando junta...

G: Se a gente pensar na cidade toda jogando isso fora, dava pra fazer muito filamento.

L: É, mas também tem que considerar que nem toda garrafa vai dar certo.

I: Mas mesmo assim, se a gente conseguisse reciclar metade já era uma economia enorme.

J: Dá pra fazer uma regra de três também, tipo se eu tivesse 10 kg de filamento, quantas garrafas seriam?

P: Muitas

A: E aí o pessoal acha que jogar uma no lixo não muda nada.

L: Muda sim (Trecho da transcrição do encontro do dia 25/10/2024)

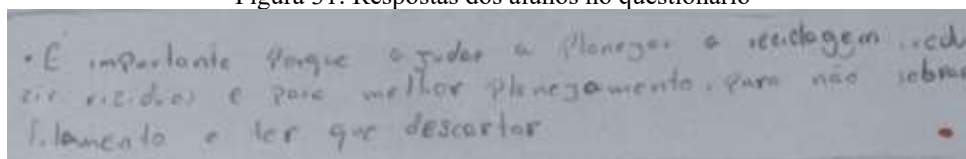
Figura 30: Quantidade de Pet necessárias para produzir um carretel de filamentos



Fonte: dados da pesquisa

Essa discussão desencadeou uma conversa sobre a importância do planejamento durante um projeto em que utilizaremos os filamentos na impressora 3D, na qual um aluno argumentou que essa organização

Figura 31: Respostas dos alunos no questionário



Fonte: dados da pesquisa

Evidenciando a integração de Matemática, Ciência Ambiental e Tecnologia. Soares (2021, p. 65) enfatiza que

As Metodologias Ativas [...] promovem um trabalho pedagógico interdisciplinar em sua essência, tanto em relação à produção dos alunos, quanto na mediação dos professores, tendo como premissa a utilização de diversos conteúdos (disciplinas) para responder uma pergunta ou trazer uma solução, buscando sempre um aprendizado mais amplo e conectado possível.

A mesma articulação interdisciplinar se fez presente quando os alunos discutiram sobre consumo energético e custos de produção dos filamentos. Esse diálogo surgiu através de uma dúvida de um aluno ao questionar se compensa fabricar os próprios filamentos considerando o trabalho que estávamos encontrando na construção da extrusora.

Thainá: Então gente, depois de somar o consumo de todos os componentes da extrusora, a gente chegou em R\$13,85 para produzir um carretel de 1 kg de filamento. O que vocês acham? Sai mais barato ou mais caro do que comprar pronto?
 A: Quanto custa um carretel pronto?
 P: Eu vi no site que custa uns R\$100, dependendo da marca.
 G: Então a gente tá economizando mais de R\$80?
 L: É, mas tem que pensar no trabalho também, né? Não é só ligar o negócio e pronto.
 J: Ah, mas se for pensar só no dinheiro, vale muito a pena.
 I: Fora que a gente tá reaproveitando garrafa PET que ia pro lixo. Isso conta também.
 P: Verdade. Então não é só o custo em dinheiro, tem o custo ambiental também.
 A: Mas tem que considerar a manutenção da extrusora, né? Se quebrar uma peça?
 G: É, mas mesmo assim... se a gente produzir 10 carretéis, já pagou o custo da máquina. Depois é só lucro.
 L: E a energia gasta não é tanta assim. R\$13 dá o quê?
 J: Dois salgados
 Thainá: Vocês acham que isso podia ser usado como um argumento para incentivar mais gente a reciclar?
 I: Certeza. Se as pessoas soubessem que dá pra economizar tanto e ainda ajudar o meio ambiente, muita gente ia querer fazer.
 P: E se toda escola tivesse uma extrusora? Ia economizar na impressão 3D.
 A: E daria pra vender os filamentos também. (Trecho da transcrição do encontro do dia 25/10/2024)

Aqui, os alunos não apenas aplicaram cálculos matemáticos, mas também refletiram criticamente sobre economia e sustentabilidade, evidenciando a capacidade de interconectar diferentes saberes. Como observa Carbonell (2016), essa abordagem amplia a relevância dos conhecimentos escolares ao relacioná-los com problemas reais.

Esse momento evidencia como o conhecimento matemático, ao ser articulado com outras áreas, ganha concretude e relevância social. Ao relacionar o custo de produção com o

impacto ambiental e a viabilidade econômica, os alunos mobilizaram saberes que vão além das fronteiras disciplinares, integrando conceitos de matemática, física e geografia a discussões de ética e cidadania. Essa integração sugere que a aprendizagem se torna mais significativa quando o estudante compreende o sentido do cálculo dentro de um contexto real.

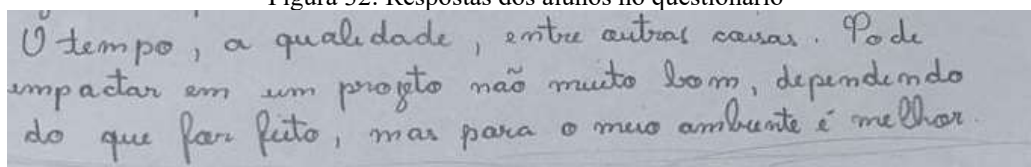
Além disso, o diálogo aponta que a interdisciplinaridade não foi algo imposto externamente, mas emergiu da própria prática dos alunos, à medida que eles buscavam justificar suas escolhas e prever as consequências de suas decisões. Ao discutir aspectos como o consumo de energia, o reaproveitamento do plástico e o potencial de incentivar a reciclagem, os estudantes transitaram entre raciocínios quantitativos e reflexões sociais, políticas e éticas, revelando uma compreensão ampliada dos desafios ambientais contemporâneos.

Podemos perceber também que a Cultura *Maker* e a abordagem STEM favorece esse movimento interdisciplinar, pois convida o aluno a pensar de forma sistêmica: ao construir, testar e calcular, ele precisa recorrer a diferentes linguagens e modos de pensar. Assim, o conhecimento matemático se torna ferramenta para interpretar e transformar o mundo, e não um fim em si mesmo.

Por fim, esse trecho dialoga com a ideia de Carbonell (2016) ao indicar que a escola precisa promover experiências que conectem o saber escolar à vida cotidiana, permitindo que os estudantes reconheçam sua capacidade de agir sobre o real. A discussão sobre o custo do filamento, a energia gasta e os impactos ambientais ilustra precisamente essa conexão entre conhecimento, ação e responsabilidade coletiva.

Depois dos cálculos feitos, os alunos foram questionados sobre os fatores que devemos considerar ao escolher os filamentos e como essa escolha pode influenciar os projetos e, como resposta obtivemos:

Figura 32: Respostas dos alunos no questionário



Fonte: dados da pesquisa

Em outro momento, os alunos discutiram sobre a importância de pensar em escala e no impacto das ações individuais, com o intuito de entender se as nossas ações individuais interferem no mundo, como podemos notar no seguinte diálogo, no qual os alunos calcularam a média que eles descartam de garrafas por semana, chegando ao número 2, com o objetivo de fazer estimativas com a quantidade de alunos na turma, na escola e de moradores da cidade:

G: Agora esse x aqui de multiplicação... Vai ficar x vezes... Quanto que cada um gasta?

P: Duas. [...] Quando tem uma pessoa x, gasta duas garrafas, certo?

A: Esse número faz diferença? Se eu reciclar duas garrafas?

L: Sozinho não muda nada, mas a pergunta é se todo mundo fizesse?

I: É... porque duas por semana dá muito no ano pra uma pessoa.

J: Faz aí por semana

G: Então eu sozinho jogo fora 2 garrafas na semana

P: Multiplica isso por 39 pessoas da sala

A: 78 só da nossa sala.

L: Nossa! Imagina se metade da cidade fizesse isso.

I: Então peraí, vamos calcular pra escola. A tia disse é 650 alunos.

G: Dá 1.300 garrafas. Caraca!

NA: Se isso já é muito imagina a cidade toda

I: Quantas pessoas tem?

A: Vou pesquisar aqui. 254.857 pessoas.

G: Caraca! dá muito, deu 509.714 garrafas

J: Isso tudo de garrafas no lixo, ou recicladas. Depende da gente.

A: Tá vendo? Aquelas duas garrafas que eu falei no começo não são só duas.

P: É efeito multiplicador. Um faz, outro copia, muda o mundo. (Trecho da transcrição do encontro do dia 25/10/2024)

Esses números podem ser observados de forma mais explícita na figura 34 a seguir:

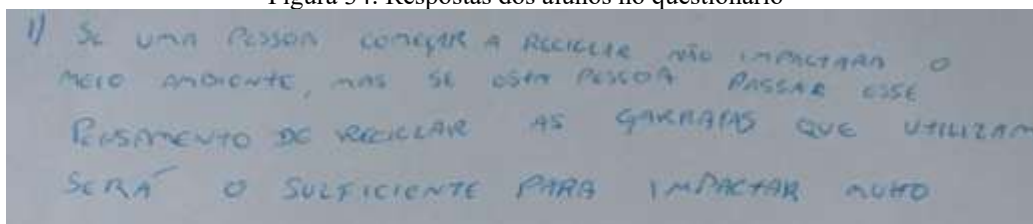
Figura 33: Estimativa de descarte de PET semanal



Fonte: dados da pesquisa

Como resposta à pergunta feita a eles, obtivemos:

Figura 34: Respostas dos alunos no questionário



Fonte: dados da pesquisa

Essa atividade desencadeou outra discussão, fazendo com que o caráter interdisciplinar também emergisse em discussões sobre hábitos de consumo, já que ao calcularem a média de garrafas descartadas por eles na semana, um dos alunos alegou que ele não consideraria os descartes dele na conta, pois só utiliza garrafas retornáveis em sua casa:

Thainá: Então pessoal, se uma pessoa compra uma garrafa normal por R\$10,99 toda semana, quanto ela vai gastar em 48 semanas?

P: Peraí, 10,99 vezes 48... (fazendo na calculadora) deu R\$527,52.

A: Meio milhão pra beber refrigerante.

G: Caro demais. E a retornável?

L: A retornável é R\$7,99. Vou fazer aqui... 7,99... deu R\$383,52.

J: Então dá uma diferença de quanto?

P: 527,52 menos 383,52... diferença de R\$144,00.

A: Quase dá pra comprar outra coisa com isso.

I: E isso é só uma pessoa. Imagina a escola inteira.

Thainá: Vocês acham que essa diferença faz as pessoas mudarem o hábito?

G: Acho que sim, R\$144 por ano não é pouco.

J: Mas a galera pensa só no momento, né? Não faz essa conta.

P: E fora o plástico que vai pro lixo. Com a retornável, pelo menos reaproveita.

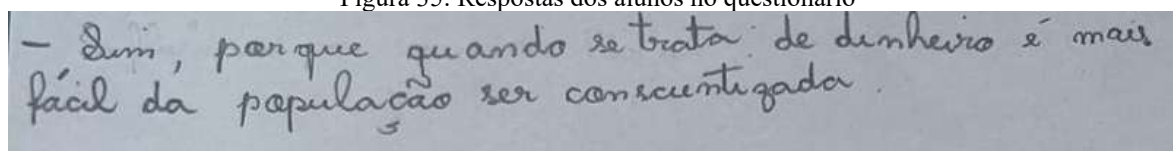
A: Ou seja, economiza dinheiro e ajuda o meio ambiente.

Thainá: Então, dá pra dizer que o consumo é influenciado pelo fator econômico, mas também pela consciência ambiental, né?

L: Sim. Tem gente que só muda por causa do bolso, mas o meio ambiente agradece. (Trecho da transcrição do encontro do dia 25/10/2024)

Em concordância com esse diálogo, um dos alunos discorreu sobre a influência causada pelo fator econômico durante nossas escolhas, como podemos ver a seguir:

Figura 35: Respostas dos alunos no questionário



Fonte: dados da pesquisa

Essas análises mostram que os alunos foram capazes de usar Matemática Financeira para compreender e problematizar questões de consumo, revelando uma aprendizagem aplicada e significativa.

Outra área abordada de forma espontânea pelos alunos durante as aulas práticas, foi a química, dado que durante as apresentações na culminância, os alunos perceberam que ao colocar garrafas de cores diferentes na extrusora, precisaríamos de temperaturas distintas

Thainá: A garrafa verde derrete diferente da transparente? Que estranho
 I: Né, não é tudo plástico? Não devia ser igual?
 L: Será que é por causa do corante? A verde tem corante, a transparente não.
 Ouvinte: Faz sentido. O corante não pode mudar o jeito que o plástico esquentar?
 Thainá: É, o corante da garrafa verde deve mudar as propriedades dela.
 L: Então a verde precisa de mais de 200 graus, né? E a transparente?
 AL: Testa aí
 ...
 L: Caramba, diminuiu muito... tá dando 150 graus praticamente. (Trecho da transcrição da culminância)

Esse cenário fez com que pesquisassem sobre os fatores químicos que poderiam alterar a temperatura de fusão das garrafas. Essa reflexão evidencia a aprendizagem interdisciplinar e investigativa característica do STEM, em que conceitos de áreas diferentes são aplicados para resolver problemas práticos (Pugliese, 2020).

Em uma conversa com os alunos eles relataram sobre conceitos matemáticos como o cálculo de distâncias e medidas que foram mobilizados durante os encontros:

Thainá: Eu tentei não chegar já falando algum conteúdo de matemática por exemplo, mas vocês discutiam sobre eles durante as aulas
 A: Sim, de calcular a distância certa de que tinha de um parafuso pra outro
 Thainá: Sim, é matemática isso
 P: Teve a distância do cabo pro apontador também, pro tamanho de cada garrafa
 Thainá: Isso, teve muitas coisas sem ser só aprender usar as ferramentas
 A: Sim, mas essas partes eram as melhores (Trecho da transcrição do encontro do dia 08/11/2024)

Além disso, o grupo discutiu as dimensões econômicas e ambientais da reciclagem:

Thainá: Quais suas reflexões sobre os temas que discutimos?
 A: Eu refleti bem. Minha mente funcionou muito aquele dia. Aí eu pensei, é muito importante esse tema.
 Thainá: Sobre o que falamos na última aula?
 P: Como podemos influenciar pessoas reciclando
 A: O preço do refrigerante, e a diferença do retornável para o normal
 L: O preço do filamento comprado e do feito
 A: Foi importante discutir sobre essas coisas, fez a gente refletir sobre a importância de reciclar, e foi legal discutir sobre a diferença do preço das coisas. Da gente produzir nosso próprio filamento e de comprar aquele que custa 100 reais.
 L: Custa muito caro
 J: Na nossa conta, pra fazer a mesma quantidade a gente gasta 13 reais
 P: O nosso é mais vagabundo, em questão de qualidade
 J: Ele tem um bom ponto.
 A: Às vezes a qualidade não é tão boa. Mas o que importa é a intenção.
 J: Bom ponto, mas para os projetos que a gente faz na escola não é necessário gastar tanto.
 P: Exatamente, dependendo do que a gente for imprimir, não precisa ter tanta qualidade, o nosso já basta e vamos estar reciclando (Trecho da transcrição do encontro do dia 08/11/2024)

Essas falas revelam a capacidade de análise crítica dos alunos, que, conforme Carbonell (2016), é uma das vantagens da interdisciplinaridade ao promover a abertura da escola para problemas reais e a internalização de valores éticos e sociais.

O caráter interdisciplinar também ficou evidente nas etapas de montagem da extrusora, onde conceitos geométricos foram mobilizados, nos mostrando a importância que a Matemática tem na elaboração de um projeto, como podemos analisar a seguir:

Thainá: Mas então pode ser menor que isso. Como é que vocês querem?
 A: Eu acho que desse tamanho por conta do tamanho da garrafa.
 P: É.
 A: Vai ficar estranho.
 J: Se for só para a ponta da garrafa, tem que ser até um pouco maior.
 A: É. Aí mesmo.
 P: Aí mesmo, aí mesmo.
 A: Aqui, eu acho que... Não, eu acho que menos.
 J: Não, é coisa boa.
 A: Cadê a garrafa do quebradinho?
 N: Com ele né, velho? Sei lá onde ele está
 P: Qual o tamanho da garrafa?
 G: Do diâmetro?
 P: Isso
 G: 9 centímetros.
 P: Quanto?
 G: 9 centímetros. 9 centímetros.
 Thainá: De diâmetro?
 P: É
 J: Mas depende da garrafa.
 G: Garrafa de 2 litros tem 36 centímetros de altura e 9 centímetros de diâmetro.
 A: Eu acho que dá.
 P: Você é louco?
 N: Não, eu acho que menos. Qual que é a garrafa?
 A: Pega a régua e marca aqui pra você ver. (Trecho da transcrição do encontro do dia 30/08/2024)

Essas falas também são complementadas no diário de campo da pesquisadora, ao relatar a importância de calcular corretamente a distância entre os equipamentos para que os alunos pudessem aproveitar garrafas de diferentes tamanhos para a fabricação dos filamentos.

Durante esta discussão, eles abordaram o conceito de diâmetro, já que usamos garrafas de volumes diferentes, e isso impacta o posicionamento dos componentes. (Trecho do diário de campo do dia 30/08/2024)

Essa prática vai ao encontro do que Soares (2021) descreve como a essência das metodologias ativas: aprender resolvendo problemas reais. No trecho do Diário de campo, a seguir, a pesquisadora observou que, os estudantes notaram que a distância entre o cabo de vassoura e a lâmina atendia a necessidade de garrafas de diferentes tamanhos:

Outro ponto analisado foi a adequação do cálculo da distância entre o eixo de madeira e a lâmina. Durante os testes, confirmamos que o ajuste realizado atendia bem a garrafas de diferentes tamanhos, validando o planejamento inicial. (Trecho do diário de campo do dia 06/09/2024)

A análise deste eixo evidencia que o trabalho interdisciplinar, fundamentado na abordagem STEM, na Cultura *Maker* e nas metodologias ativas em geral, rompeu com a lógica

tradicional de ensino fragmentado que encontramos nas escolas. Os alunos não apenas integraram conteúdos de diferentes áreas, mas também os aplicaram de modo crítico para compreender e intervir em problemas do cotidiano deles, como o consumo de garrafas PET, produção de filamentos para impressoras 3D e a construção da extrusora. Como sintetiza Carbonell (2016), a interdisciplinaridade possibilita uma aprendizagem relevante, ética e conectada à realidade, preparando os estudantes para os desafios complexos do mundo em que vivemos.

Dessa forma, é possível compreender que a interdisciplinaridade, aliada à abordagem STEM e à Cultura Maker, pode potencializar a aprendizagem ao permitir que os alunos mobilizem diferentes saberes para resolver problemas reais e reflitam criticamente sobre suas ações e escolhas. Essa articulação entre teoria e prática mostrou-se uma potente ferramenta para o desenvolvimento do pensamento crítico, da criatividade e da colaboração. Contudo, o processo também revelou desafios, como a necessidade de maior tempo para a consolidação das conexões entre as áreas, o planejamento e a superação da visão fragmentada de ensino ainda presente nas escolas. Assim, esta pesquisa evidencia que, embora a interdisciplinaridade demande esforço e reorganização das práticas, ela representa uma oportunidade de transformar o aprendizado em uma experiência significativa, ética e socialmente comprometida, o que responde ao objetivo deste trabalho.

5.3 Uso de tecnologias no projeto

Este eixo diz respeito sobre como as tecnologias, abrangendo tanto as digitais (TD) quanto as analógicas, foram usadas durante a eletiva, bem como os desafios que surgiram ao longo do caminho, seja pela falta de domínio técnico, pelas limitações estruturais e de equipamentos disponíveis ou pelo uso de recursos que, em retrospectiva, não se mostraram essenciais ao desenvolvimento do projeto. É importante frisar, que durante os encontros, as tecnologias usadas não foram tratadas como algo à parte e sim integradas às atividades, como sugerem Borba e Villarreal (2005).

No contexto das tecnologias analógicas, destacaram-se as ferramentas manuais como martelo, serra, chave de fenda e alicates, que foram fundamentais nas etapas de construção da extrusora e de montagem da estrutura do fatiador das garrafas PET. Esses recursos, embora rudimentares, exigiram dos alunos habilidades práticas, planejamento coletivo e atenção, já que o uso inadequado poderia comprometer tanto o produto final quanto à integridade física do grupo. A presença dessas ferramentas trouxe à tona discussões sobre o valor do trabalho manual na Cultura *Maker* e a importância de integrar saberes tradicionalmente considerados “não

tecnológicos” ao processo educativo. Para muitos estudantes, foi a primeira experiência com o manuseio direto dessas ferramentas, o que exigiu orientação e a necessidade de dividir as tarefas de acordo com as habilidades e o nível de confiança de cada um. A seguir, a figura 36 ilustra um dos momentos em que os alunos utilizaram as ferramentas disponíveis no laboratório maker.

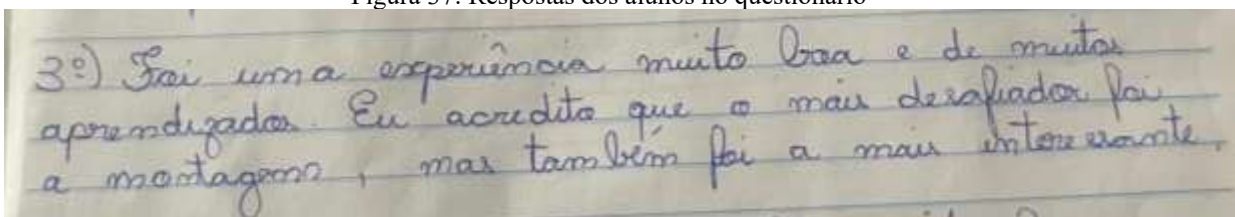
Figura 36: Estudantes manipulando ferramentas do laboratório maker



Fonte: dados da pesquisa

Por mais que a construção do protótipo também tenha incluído momentos investigativos, como pesquisas sobre os materiais e estudos prévios para embasar as decisões técnicas, foi a prática “mão na massa” que mais despertou o interesse e o engajamento dos estudantes. Isso ficou evidente quando, ao serem questionados sobre a experiência da construção do protótipo, muitos relataram que os momentos de construção, uso das ferramentas e resolução de problemas práticos foram os mais marcantes e desafiadores. Essa preferência pela “mão na massa” revela a potência da *Cultura Maker* como estratégia pedagógica, ao transformar o aprendizado em um processo ativo e significativo, no qual os alunos não apenas produzem conhecimento, mas o constroem coletivamente por meio da ação. Esse aspecto fica ainda mais explícito no relato de um dos estudantes, ilustrado na Figura 37, que evidencia essa preferência pelo “mão na massa”, indicando que, embora desafiadora, a prática foi valorizada e reconhecida como a experiência mais significativa do projeto.

Figura 37: Respostas dos alunos no questionário



Fonte: dados da pesquisa

Além disso, o uso das tecnologias analógicas favoreceu o trabalho colaborativo entre eles, uma vez que muitas tarefas precisavam ser realizadas em dupla ou em grupo, reforçando o aprendizado pela prática e pela interação (Correa; Tomceac, 2020). Ao mesmo tempo, essa etapa revelou limitações estruturais, como a falta de ferramentas na escola e a necessidade de improvisar soluções com os materiais disponíveis, como pode ser observado no registro fotográfico apresentado na figura 38, em que o estudante improvisava com um estilete a função de uma chave de fenda, já que o acesso ao laboratório Maker estava limitado naquele encontro.

Figura 38: Estudante usando um estilete para apertar um parafuso



Fonte: dados da pesquisa

Apesar dessas dificuldades, o contato com esses recursos possibilitou aos alunos compreenderem que a inovação, muitas vezes, surge da criatividade em lidar com restrições e do aproveitamento crítico de recursos.

Se, por um lado, o uso das ferramentas manuais possibilitou aos alunos vivenciarem o fazer concreto e compreender a importância do trabalho coletivo, por outro, as tecnologias

digitais assumiram papel igualmente central ao fornecerem recursos para planejamento, pesquisa e resolução de problemas mais complexos que encontramos ao longo da eletiva. Plataformas como o YouTube, o mecanismo de busca do Google e o Chat GPT foram utilizadas em diferentes momentos dos encontros, tanto para buscar informações técnicas quanto para encontrar soluções quando surgiam dificuldades no desenvolvimento do projeto. Para acessar esses recursos digitais, utilizamos os computadores da escola conectados à internet institucional, que frequentemente apresentava instabilidade. Quando o sinal ficava indisponível, seja por restrição em semanas de prova ou por problemas no tempo, recorremos ao roteador do celular da pesquisadora como alternativa. Além disso, o uso da calculadora científica e do Arduino ampliou as possibilidades de experimentação e análise, aproximando os estudantes de práticas próprias das áreas STEM e reforçando o caráter interdisciplinar da construção do protótipo.

Começando pelas plataformas digitais, o YouTube desempenhou um papel importante desde os primeiros encontros da eletiva. Logo na primeira aula, os alunos assistiram a diversos vídeos sobre extrusoras de filamento, explorando diferentes modelos, funcionalidades e níveis de complexidade. Essa etapa foi essencial para que pudessem visualizar as possibilidades e discutir coletivamente qual tipo de protótipo seria viável de construir com os recursos disponíveis no laboratório.

Após análises e debates, o grupo decidiu seguir a proposta apresentada pelo canal Autonomia Digital (@autonomiadigital9664), porque acharam que o modelo atendia às necessidades do projeto e seria mais fácil de adaptar com os materiais que tínhamos na escola. Além disso, essa escolha também teve muito a ver com o projeto de vida dos alunos. Um deles tinha começado um curso de programação e falou que queria muito colocar em prática o que estava aprendendo, então isso pesou na decisão do grupo. (Trecho do diário de campo do dia 23/08/2024)

Esse uso da plataforma evidenciou como as tecnologias digitais podem servir de apoio à busca de informações e ao trabalho colaborativo, ampliando o acesso a informações técnicas e permitindo aos estudantes uma participação ativa nas decisões do projeto. Outro momento em que foi usado essa plataforma foi em uma discussão sobre como os alunos poderiam arrecadar e armazenar as garrafas que seriam usadas futuramente, como representamos no diálogo a seguir:

I: O problema é o lugar. E o negócio que a gente vai fazer. A gente pode fazer uma caixa também, né?

AL: É

I: Só que a gente tem que fazer uma garrafa bonita.

L: Uma garrafa bonitinha, né? Rosa. Vou pesquisar no YouTube.

I: Gente, eu gostei muito desse. De poder a gente criar.

L: Eu também gostei. (Trecho da transcrição do encontro do dia 30/08/2024)

Essa busca inicial no YouTube inspirou os alunos a pensar em soluções criativas e despertou ainda mais o interesse pelo projeto, corroborando a ideia de Correa e Tomceac (2020, p. 74), ao dizerem que a tecnologia nesse tipo de projeto pode gerar “uma possibilidade de desenvolver conteúdos e habilidades dentro de uma atmosfera de curiosidade e criatividade, visando à motivação não só do aluno, mas também de outros interatores do ecossistema escolar”. Em seguida, a plataforma foi novamente utilizada, desta vez para pesquisar ideias de como construir um fatiador de garrafa PET, etapa necessária para transformar as garrafas em filamentos para a extrusora. No diálogo a seguir, o recorte exemplifica como os alunos se engajaram na busca por diferentes modelos e começaram a discutir as possibilidades com base no que encontraram nos vídeos:

Thainá: Vocês entenderam o que é para fazer?

A: Fatiador de garrafa PET.

Thainá: Isso, é bem fácil de fazer, têm bastante projetos.

G: Tem que ser um automático ou pode ser um manual?

Thainá: O que vocês decidirem. Tem uns bem fáceis, têm uns que fazem com apontador de lápis, têm outros que fazem com serra, vocês escolhem qual vocês querem fazer.

A: É, tem uma serra ali.

G: Pega a visão, tem um milhão de vídeos.

A: Eu quero ver também.

G: Eu juro, tem um milhão de vídeos.

Thainá: Vocês têm que pensar que a sua extrusora vai estar aqui em cima, então, aquele projeto que a gente viu na última aula tem que estar inteirinho aqui, e aqui no cantinho vai estar o fatiador também, então ele não pode ser tão grande.

J: Mas o negócio é isso aqui que a gente está fazendo?

Thainá: É, mas vai caber tudo?

N: O fatiador é bem pequenininho. O fatiador que eu peguei aqui é tipo uma estaca de madeira mais ou menos do mesmo tamanho e uma lâmina aqui no meio deles. (Trecho da transcrição do encontro do dia 30/08/2024)

A interação com os conteúdos do YouTube possibilitou que os alunos tivessem contato com uma diversidade de soluções, comparassem modelos e refletissem sobre quais seriam mais viáveis dentro das condições do laboratório e do espaço físico disponível. Esse momento reforça como o acesso a plataformas digitais potencializa o processo investigativo, colocando os estudantes no papel de protagonistas na busca e escolha das melhores alternativas para o projeto.

Além do YouTube, outra plataforma digital amplamente utilizada foi o Google e seu mecanismo de busca, especialmente em situações em que os alunos precisavam identificar equipamentos e compreender seu funcionamento. Durante a montagem da extrusora, surgiram dúvidas sobre alguns componentes que não estavam acompanhados de manuais ou instruções, o que levou o grupo a recorrer a pesquisas rápidas na internet. O diálogo a seguir ilustra um desses momentos:

L: Ah gente, como que é o nome desse negócio?
 Thainá: esse daqui é o termostato.
 A: Não tem o nome na caixa?
 L: Porque aí a gente pesquisa como ligar ele, né?
 A: Se tiver que passar alguma coisa por aqui...
 G: Não tem nenhum manualzinho?
 Thainá: Não, vamos pesquisar
 L: Como é o nome desse daqui?
 A: Não é o motorzinho?
 Thainá: Que motor é esse? (Trecho da transcrição do encontro do dia 09/08/2024)

Nessas situações, o Google se mostrou essencial para sanar dúvidas imediatas e permitir que os alunos avançassem no trabalho sem depender exclusivamente do conhecimento prévio dos professores. A plataforma ampliou o acesso a informações técnicas, como esquemas de ligação e especificações dos componentes, favorecendo a autonomia do grupo e estimulando a prática investigativa dentro do ambiente *maker*, já que “as tecnologias ampliam as possibilidades de pesquisa, autoria, comunicação e compartilhamento em rede” (Moran, 2018, p. 11).

Outra tecnologia digital que ganhou destaque no projeto foi o ChatGPT, utilizado como um recurso de apoio para solucionar dúvidas e encontrar caminhos quando os alunos esbarravam em dificuldades, principalmente na etapa de programação do Arduino. Durante uma conversa reflexiva sobre a integração das tecnologias digitais na eletiva, os estudantes expressaram como perceberam o papel desses recursos em suas práticas:

Thainá: Como você percebe a integração da tecnologia digital nas nossas atividades?
 A: Em tudo né! Na programação, a gente tá gravando, o áudio e a imagem
 G: A gente usou fios de eletricidade. Não entendi a pergunta.
 A: A gente usa eletricidade.
 Thainá: Como você percebe a integração das tecnologias digitais nas nossas atividades?
 G: Ah. Quando a gente ficava com dúvida e precisava de ajuda, tinha a internet
 L: A gente precisa de bastante ajuda da internet.
 A: Nós usamos o ChatGPT. Ele é bom, salva vidas. Como o J fala, é a segunda mente dele
 J: É minha mente pensante
 A: Resumindo, toda vez a mente que pensa é outra, não a dele
 Thainá: Mas vocês sabem que ele não fala só a verdade né? Às vezes ele erra, tem que tomar cuidado e prestar atenção.
 A: Sim
 J: Mas eu também erro às vezes
 A: Porque ele não é igual a nós. Ele é um robô.
 Thainá: E vocês meninas? O que acham?
 L: A gente depende da tecnologia, né? A gente depende do computador pra conseguir programar
 I: A gente precisa das tecnologias
 Thainá: Teria como a gente fazer sem ela?
 L: Não.
 J: Tem coisas que tem
 A: E tem coisas que a gente não sabe fazer também, aí precisa da internet por exemplo
 G: A programação não dá para fazer sem a tecnologia.
 A: Agora, por exemplo, o negócio pra desfiar as garrafas a gente não depende

P: Mas a gente olhou o YouTube pra escolher o projeto.
 I: Mas pra fazer ele funcionar não precisamos.
 A: Então, algumas coisas a gente depende da tecnologia, mas para outras a gente não depende.
 J: A gente ainda está tentando fazer a programação.
 A: Na realidade, se não tivesse tecnologia não tinha como fazer programação.
 P: Verdade
 A: A gente ia ter que pensar outra forma de fazer um filamento.
 P: Isso que eu ia falar, não ia poder ser o projeto que escolhemos
 J: Uma manivela
 A: A gente queimar o ferro, o negócio, e a gente ia moldar na mão.
 G: Voltar pros tempos antigos
 L: Ia ser horrível (Trecho da transcrição do encontro do dia 08/11/2024)

Esse diálogo evidencia a percepção crítica dos alunos sobre o papel das tecnologias digitais no projeto e, especificamente, sobre o uso do ChatGPT como um “parceiro” para pensar soluções. Os estudantes reconhecem que esses recursos “oferecem versatilidade e diversidade de uso” (Bacich; Holanda, 2020, p. 8), funcionando como uma “segunda mente” que expande possibilidades. Ao mesmo tempo, a pesquisadora identifica suas limitações e a necessidade de validação das informações, reforçando uma postura investigativa diante da inteligência artificial e de outros recursos digitais.

Essa percepção está alinhada à ideia de Bacich e Holanda (2020, p. 8) de que:

Só há possibilidade de aprender a fazer um uso integrado das tecnologias digitais se estudantes e educadores as utilizarem em situações reais de aprendizagem, atuando de forma colaborativa e vivenciando situações em que a resolução de problemas por meio da discussão e da reflexão, incluindo o uso de tecnologias digitais, favoreça uma aprendizagem realmente transformadora⁴⁵.

No contexto do projeto, a interação entre alunos, ChatGPT e professores exemplifica exatamente essa mediação colaborativa, mostrando que o aprendizado vai além do uso mecânico dos recursos. Além disso, como ressaltam Correa e Tomceac (2020), trabalhar com tecnologias em projetos permite que os alunos desenvolvam habilidades aplicáveis à sua realidade, promovendo criatividade e autonomia, e percebendo o verdadeiro potencial da tecnologia como recurso para intervir no mundo. Nesse contexto, o ChatGPT não é apenas um suporte técnico, mas um elemento que integra o raciocínio crítico e a colaboração entre pares.

Ao mesmo tempo, essa experiência evidencia uma tensão presente nas escolas contemporâneas: embora os alunos usem tecnologias digitais do século XXI, muitas vezes são ensinados em práticas ainda tradicionais, “professores do século XX ensinando alunos do século XXI em escolas do século XIX” (Blanco, 2020, p. 109). O diálogo indica que, mesmo nesse contexto, é possível desenvolver uma postura crítica e investigativa, combinando

⁴⁵ Ela é transformadora quando envolve: aprender de forma criativa; aprender como cidadãos ativos; engajar intelectualmente com ideias poderosas; refletir sobre sua própria aprendizagem (Bacich; Holanda, 2020)

mediação tecnológica e intervenção humana. A seguir temos um registro de um dos encontros em que utilizamos dessas TD:

Figura 39: Estudantes pesquisando na internet



Fonte: dados da pesquisa

Além do uso de plataformas digitais como o Google, o YouTube e o ChatGPT, as tecnologias digitais também se fizeram presentes por meio de dispositivos físicos, como o Arduino. Ele foi utilizado para controlar a temperatura da extrusora, e sua integração ao projeto proporcionou aos alunos uma experiência prática com sensores e automação, aproximando-os de conceitos de programação e eletrônica. No diálogo a seguir, é possível observar como os estudantes se envolveram no monitoramento e no ajuste da temperatura, discutindo o funcionamento do sistema e a importância de calibrar corretamente o equipamento para evitar falhas no filamento:

I: Ta quase chegando na temperatura
 L: Isso daqui tá (conectado) no arduino
 Ouvinte: Isso daqui não é um Arduino
 L: É sim, esse daqui de baixo, olha
 Ouvinte: Ah tá. Em que temperatura que tá?
 I: Que?
 Ouvinte: Ele tem o sensor de temperatura?
 I: Tem, aqui ó
 L: Agora ta em 120°
 Ouvinte: Aí a hora que chegar ele para?
 I: Sim, é que a gente fica oscilando toda hora (mudando a temperatura pra não deixar nem frio e nem quente enquanto não tem ninguém)
 L: Aí a gente coloca a bolinha na temperatura que a gente quer e é isso. A diferença é que esse transparente é mais fino, tá vendo?
 Ouvinte: Aí é mais rápido?
 AL: Sim e a temperatura desse tem que ser menor
 L: O certo é não ficar esbranquiçado, porque se ficar esbranquiçado vai ficar muito fino e com falhas e não vai funcionar, aí a gente teria que cortar. Por isso que quando

chegar a sei lá... e começar a ficar esbranquiçado a gente abaixa a temperatura pra voltar e ele não ficar daquele jeito (Trecho da transcrição da culminância)

Essa interação com o Arduino evidenciou como o trabalho com tecnologias digitais possibilitou aos alunos desenvolverem habilidades técnicas e de tomada de decisão em tempo real, além de ampliar sua compreensão sobre processos automatizados. Ao mesmo tempo, destacou a importância do pensamento crítico e da capacidade de observação para ajustar variáveis e garantir a qualidade do produto final. Na Figura 40, podemos observar um pouco mais de como essas tecnologias digitais foram utilizadas pelos estudantes durante as diferentes etapas do projeto.

Na imagem, é possível identificar que os alunos utilizaram o Arduino para controlar o motor responsável pela tração do filamento e monitorar a temperatura do bico extrusor, ajustando os parâmetros conforme os testes. Também empregaram o uso de softwares de simulação e planilhas digitais para registrar dados e comparar resultados, o que favoreceu a tomada de decisões fundamentadas. Essa combinação entre programação, registro de dados e experimentação prática ilustra como as tecnologias digitais foram integradas de forma efetiva à construção e à análise do dispositivo, articulando teoria e prática de maneira interdisciplinar.

Figura 40: Uso de tecnologias digitais



Fonte: dados da pesquisa

Outro recurso digital que se destacou ao longo do projeto foi a calculadora científica, cujo uso é defendido por Selva e Borba (2010, p. 55) ao afirmarem que “a exploração conceitual com uso da calculadora tem sido cada vez mais recomendada, pois permite que os alunos se concentrem nas regularidades, na análise dos resultados e não apenas no algoritmo”. Essa percepção também foi registrada no diário de campo da pesquisadora:

Notei que depois que pegaram o jeito da calculadora, os alunos começaram a se preocupar menos com “como fazer a conta” e mais em entender o que os resultados queriam dizer. Achei interessante, porque a calculadora acabou servindo mais para interpretar os dados do que só para calcular. (Diário de campo dia 25/10)

E complementando essa ideia, podemos dizer que a calculadora pode abrir novas possibilidades no ambiente escolar, mas não basta apenas incorporá-la na sala de aula, é necessário que haja planejamento, reflexão e adequação das metodologias de ensino para que se tenha bons resultados (Oliveira; Garofali; Becher, 2020). Esse recurso foi utilizado pelos alunos para realizar diferentes tipos de cálculos, construir tabelas e analisar dados relacionados à sustentabilidade e ao consumo de garrafas PET. Embora no início o manuseio do equipamento tenha sido um desafio para a maioria, a prática e o trabalho colaborativo facilitaram a adaptação. No diálogo a seguir, é possível perceber como os estudantes refletiram sobre suas dificuldades iniciais, o processo de aprendizagem e as potencialidades do recurso:

Thainá: Quais foram os principais desafios ao usar a calculadora científica?

A: O desafio? É que eu não sabia mexer mesmo.

P: É, eu também não

J: No começo foi difícil, entender os botões e o que faziam

L: Exatamente

A: O desafio foi mexer na calculadora a primeira vez. Depois você mexe uma vez e pega o jeito.

Thainá: Vocês pegaram rapidinho mesmo, depois do primeiro exercício nem chamaram mais pra perguntar como fazia. O que vocês acharam da calculadora?

P: Da hora!

J: É legal.

AL: Eu achei legal.

A: Eu achei muito legal também. Não é igual às normais, dá para fazer vários tipos de cálculos.

G: Sim, dá pra fazer muita coisa. Gostei de fazer aquela tabela com as funções

L: Sim, ficou mais fácil entender a diferença de preço das garrafas olhando pra quantidade que a gente usa

P: Sim, e a quantidade que a gente recicla também. Porque deu pra ver certinho a diferença de uma pessoa reciclando e a cidade toda. Ficou legal. (Trecho da transcrição do encontro do dia 08/11/2024)

Em um outro diálogo podemos entender o que Selva e Borba (2010, p. 46) dizem sobre o uso da calculadora ao afirmarem que ela “não resolve por si só o problema, ela não determina a operação, nem como a mesma deve ser digitada no teclado e, nem também, interpreta o resultado obtido. Todas essas tarefas devem ser realizadas pelo aluno, que é o ser pensante na aprendizagem”. De maneira semelhante ao que apontam Borba e Villarreal (2005), o ato de pressionar as teclas da calculadora ou do computador deve estar ligado à formulação de hipóteses, à verificação ou rejeição dessas ideias, à coordenação de diferentes representações e à realização de experimentos de tentativa e erro, sempre guiados pelo retorno fornecido pela tecnologia, e não de forma aleatória. Nas falas dos estudantes, fica evidente como o uso da calculadora exigiu deles uma participação ativa no processo, como podemos notar a seguir:

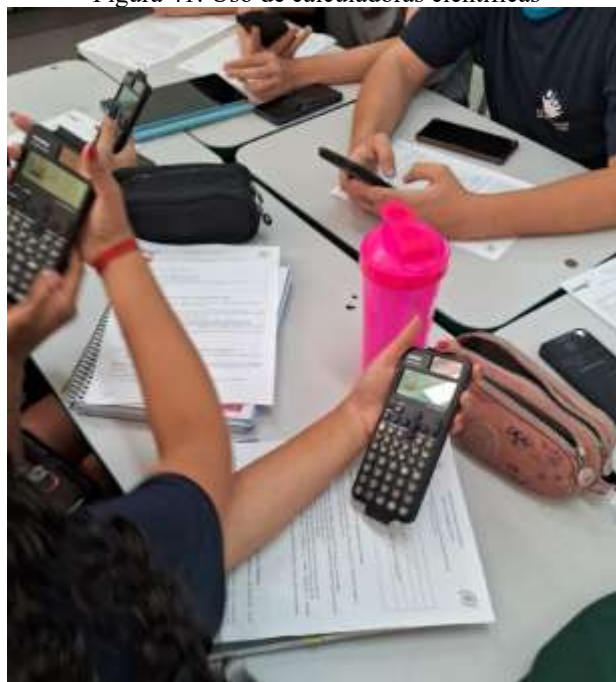
G: É bem mais funcional que uma calculadora de celular
 A: Sim, ia ser bom ter aqui na escola
 Thainá: Por quê?
 A: Porque tem muitas coisas. Dá pra fazer vários cálculos
 J: Função também
 A: É, lá ficou bem mais fácil de entender função. A gente não sabe fazer e lá a gente conseguiu
 Thainá: Mas na calculadora vocês também tinham que fazer a função, ela não dava o resultado só, vocês precisavam montar
 A: É, mas lá é bem mais fácil
 I: Sim, e não é igual a calculadora do celular que a gente coloca só os números e ela faz a conta. Lá a gente tinha que colocar a função
 AL: Sim, igual no caderno
 I: É, mas lá foi mais legal
 J: Bem melhor. E se não souber usar também é só pesquisar, tinha aquelas folhinhas também
 A: Ela ia ser boa aqui na escola. A internet daqui não funciona quando tem prova (Trecho da transcrição do encontro do dia 08/11/2024)

Esses diálogos mostram como o uso da calculadora científica foi além de um simples recurso para realizar operações matemáticas. Ela se tornou um instrumento de experimentação e análise, contribuindo para o entendimento de funções e dados de maneira mais visual e prática. Esse caráter investigativo está alinhado com o que defende Ponte (2010, p. 22), ao afirmar que “tarefas exploratórias e investigativas adequadas criam oportunidades para o envolvimento dos alunos na Matemática”. Os estudantes reconheceram o potencial da calculadora como uma tecnologia que amplia as possibilidades de aprendizagem, aproximando-os de conceitos abstratos e favorecendo o desenvolvimento de competências digitais importantes para o contexto escolar e para a vida cotidiana.

Essa perspectiva também dialoga com Borba e Villarreal (2005), que compreendem que as tecnologias, sejam digitais ou não, não atuam apenas como instrumentos externos ao processo de aprendizagem, mas participam da própria produção do conhecimento. Nessa visão, pensar e aprender são ações que se constituem em coletivos formados por humanos e mídias, em que a calculadora, assim como outras ferramentas e recursos, integra o processo de construção das ideias matemáticas.

Esse potencial também se revelou no modo como os estudantes utilizaram a calculadora científica em sala de aula. Além de favorecer a compreensão de conceitos mais abstratos, o recurso estimulou momentos de interação e troca entre eles. A Figura 41 registra uma dessas situações, em que o uso da calculadora aparece integrado ao trabalho em grupo e à dinâmica investigativa do projeto.

Figura 41: Uso de calculadoras científicas



Fonte: dados da pesquisa

Diante dos diferentes recursos digitais utilizados ao longo da eletiva, como plataformas de vídeo, mecanismos de busca, inteligência artificial, dispositivos eletrônicos e calculadoras científicas, houve indícios de que essas tecnologias ampliaram significativamente as possibilidades de aprendizagem e investigação dos alunos, já que elas podem “oferecer diversos meios de realizar determinada tarefa ou criar um protótipo” (Correa; Tomceac, 2020, p. 74). O acesso às múltiplas fontes, a interação constante com tecnologias digitais e o desenvolvimento de habilidades técnicas e analíticas proporcionam uma flexibilização dos tempos e espaços tradicionais da escola, promovendo um ambiente mais dinâmico e colaborativo. Nesse sentido, “observa-se que o currículo que permite o uso de tecnologias digitais amplia as estratégias e flexibiliza a hierarquia espaço-temporal, os tempos e espaços da escola, potencializando novas formas de aprender, ensinar e lidar com o conhecimento” (Gonçalves; Silva, 2018, p. 74), reforçando a importância de integrar essas tecnologias de forma crítica e contextualizada para potencializar o processo educativo. Como alerta Cunha (2018, p. 35):

[...] as Tecnologias Digitais em aulas de Matemática podem possibilitar a utilização de recursos técnicos e teóricos ampliando assim metodologias diferenciadas de ensino. [...] Contudo, não queremos descrever a tecnologia como uma “vilã” nem tampouco como a “salvadora da pátria”, mas como aquela que pode fortalecer e viabilizar recursos diferenciados para a efetivação do ensino e da aprendizagem de Matemática.

Cabe destacar que, “além dos recursos tecnológicos, vários projetos podem ser facilitados com outros tipos de recursos” (Bender, 2014, p. 58), como a colaboração entre

profissionais em um trabalho conjunto e apoio mútuo (Fiorentini, 2023), identificada em um momento em que os alunos enfrentavam dificuldades com a programação do Arduino e contaram com a ajuda da professora de Matemática para resolver o problema e entender as sugestões de soluções que o ChatGPT apresentava.

Para tentar corrigir esses erros, os alunos inicialmente recorreram ao ChatGPT para buscar soluções. Após algumas tentativas sem sucesso, decidiram pedir ajuda à professora Mirela, que forneceu orientações sobre alguns dos erros. Com essa assistência, eles voltaram a consultar o ChatGPT para resolver o problema de leitura no programa, e ao final da aula conseguiram fazer o código funcionar corretamente. (Trecho diário de campo do dia 11/10/2024)

Essa interação com outros docentes mostrou-se fundamental, pois evidenciou que, embora as tecnologias ofereçam apoio, ela não é uma solução (Filantro; Cavalcanti, 2023) e em determinadas situações é a mediação humana que possibilita compreender e aplicar esses recursos de maneira efetiva (Garofalo; Bacich, 2020).

Além disso, “esse compartilhamento constante entre os professores passa a ser compreendido pelos estudantes como uma forma mais ampla de acesso aos conhecimentos” (Gonçalves; Silva, 2018, p. 64), e essa experiência evidencia como a colaboração entre docentes não apenas enriquece o processo de ensino, mas também modela, para os alunos, práticas de trabalho em equipe e de busca coletiva por soluções. Ao presenciarem o diálogo entre diferentes profissionais e o uso articulado de diversos recursos (humanos e tecnológicos), os alunos passaram a compreender o conhecimento como algo dinâmico e construído socialmente, e não como um dado isolado, como destacam Garofalo e Bacich (2020). Além disso, esse movimento contribuiu para desenvolver neles uma postura investigativa e resiliente diante de desafios complexos, características centrais em abordagens como a Cultura *Maker* e a aprendizagem baseada em projetos.

Em síntese, o uso articulado de tecnologias digitais e analógicas no desenvolvimento do projeto evidenciou tanto as potencialidades quanto os desafios da integração entre Cultura *Maker* e abordagem STEM. De um lado, as tecnologias se mostraram potentes ao promoverem o engajamento dos alunos, favorecerem a autonomia investigativa e possibilitarem experiências concretas de resolução de problemas reais. De outro, os desafios se fizeram presentes nas limitações estruturais da escola, na necessidade de orientação constante e na dependência de conexões estáveis ou de equipamentos específicos. Ainda assim, essas dificuldades não inviabilizaram o processo, mas o ressignificaram, reforçando a ideia de que a aprendizagem no contexto *Maker* é construída justamente na experimentação, no erro e na busca colaborativa por soluções. Assim, as experiências vividas revelam que o potencial transformador dessas

tecnologias está menos no recurso em si e mais na forma como são apropriadas pedagogicamente, tornando-se recursos de reflexão, criação e construção coletiva do conhecimento.

5.4 Desafios e soluções encontradas

Este eixo de análise aborda os principais desafios enfrentados durante o desenvolvimento da eletiva e as soluções construídas coletivamente para superá-los. A análise desses aspectos é fundamental para compreender não apenas as dificuldades encontradas na integração da Cultura *Maker* e STEM, mas também as estratégias que potencializaram o aprendizado e o engajamento dos alunos. A interação se mostrou, nesse contexto, uma estratégia promissora para lidar com problemas e promover o desenvolvimento de competências. Como explicam Bacich e Holanda (2020, p. 2), “a educação STEM tem sido considerada uma forma de oferecer maiores oportunidades para os estudantes se prepararem para os desafios do futuro, envolvendo a investigação, o pensamento crítico e a inovação”. Assim, os desafios enfrentados não apenas revelaram a necessidade de resiliência e criatividade, mas também abriram espaço para a experimentação, o erro e a aprendizagem colaborativa.

Ao longo do projeto, diferentes obstáculos surgiram: limitações de infraestrutura, dificuldades técnicas e momentos de desmotivação. Esses desafios, no entanto, tornaram-se oportunidades para que os alunos mobilizassem criatividade e pensamento crítico na busca de soluções. Lima (2020, p. 120) pontua que “a volatilidade do mundo atual exige que sejamos criativos, para encontrar novas saídas e soluções, e resilientes, para não desistir facilmente diante dos desafios”. Essa necessidade de resiliência foi marcante nas interações do grupo, especialmente nos momentos em que o protótipo da extrusora apresentava falhas e exigia ajustes constantes:

Thainá: Ó, o que vocês acharam que foi mais difícil de fazer do projeto?

L: Por enquanto tá sendo fazer funcionar, derreter e puxar um bagulho lá.

A: Verdade.

G: Fazer funcionar.

AL: Fazer funcionar.

J: Tirando a parte que eu demorei dois meses pra conseguir construir.

A: Tirando a parte que eu demorei dois meses pra serrar.

G: Não sei, tirando esses fatos, eu acho que tudo.

L: Não, eu acho que derreter

Thainá: É que o negócio ele tá muito grande, aí quando vai passar o plástico ele acaba derretendo no meio.

L: Ele vai dobrando.

Thainá: É, aí vamos tirar aquela parte, vai ficar uma peça só. Aí vai dar pra gente passar. (Trecho da transcrição do encontro do dia 08/11/2024)

A frustração dos alunos era visível sempre que algo não saía como planejado. Um exemplo disso ocorreu quando, durante o processo de organização e montagem, perceberam um erro no planejamento inicial: a lâmina, projetada para ser posicionada de uma forma, precisava estar perpendicular para funcionar adequadamente. Além disso, o cano de PVC escolhido como eixo de suporte se mostrou inviável, pois o diâmetro era maior que a boca das garrafas, resultando em desperdício de plástico. Essa situação, descrita anteriormente, pode ser melhor compreendida ao observarmos em detalhe o processo vivido pelos alunos, observado no diário de campo da pesquisadora.

Durante o processo de organização e montagem, os alunos perceberam que havia um erro no planejamento inicial: a lâmina estava projetada para ser posicionada de uma forma, mas ao analisarem o desenho e discutirem a proposta, concluíram que ela precisava estar perpendicular à essa posição para funcionar adequadamente. Inicialmente, tentamos utilizar um cano de PVC como eixo de suporte para as garrafas. No entanto, logo percebemos que, devido ao diâmetro do cano ser significativamente maior que a boca das garrafas, isso resultaria em um desperdício de plástico maior do que o previsto. A partir dessa observação, exploramos uma alternativa: o uso de um cabo de martelo quebrado encontrado na última aula. Contudo, durante a tentativa de fixá-lo à base de madeira compactada, identificamos um novo problema: a resistência do material exigia um esforço físico elevado para ser fixado adequadamente. Após essas tentativas, decidimos que o cabo de vassoura seria a opção mais adequada. Ele apresentava vantagens tanto pelo diâmetro compatível com a boca das garrafas quanto pelo material, que era leve, fácil de manusear e simples de fixar. (Trecho do diário de campo do dia 06/09/2024)

Esse processo de tentativa e erro exemplifica o quanto a construção do protótipo exigiu dos estudantes criatividade, colaboração e capacidade de adaptação, características fundamentais para o desenvolvimento de competências na perspectiva da *Cultura Maker* e do STEM. Essa capacidade de adaptação reflete o que Holanda e Bacich (2020, p. 47) afirmam sobre o papel do educador e dos estudantes em contextos inovadores:

Para além de todos esses desafios, é preciso criatividade e persistência, pois muitas vezes será necessário adaptar recursos, organizar aulas com outros professores, repensar projetos durante a aplicação – com base nas evidências coletadas – e, principalmente, assumir o papel de elaborador de experiências de aprendizagem capazes de tornar o professor um sujeito apto a fornecer devolutivas que irão proporcionar o sucesso dos protagonistas – seus estudantes.

Contudo, nem todos os desafios eram técnicos. Questões emocionais e de convivência também impactaram o andamento da construção do protótipo, principalmente relacionado a mudança de cenário que precisou ser feita durante alguns encontros, mudando a logística já definida nos nossos encontros.

Thainá: Teve algum momento do projeto vocês se sentiram desmotivados?
 P: Sim.
 L: Não
 I: Não

P: Toda hora. Só me julgam. Esse daqui já tá preparado pra me julgar.
 A: Não, agora eu não vou te julgar. Não, eu me senti desmotivado, falando a verdade, quando...
 J: Quando a gente não precisou martelar
 G: Quando teve que ir pra outra sala!
 A: É, é verdade. Quando teve que ir pra outra sala, aquela vez eu me desmotivei.
 P: A gente é antissocial, não dá pra ir lá.
 A: Eu não gosto.
 Thainá: eles são seus amigos
 A: Não, ali amigo é muito forte.
 G: Conhecidos
 A: Alguns ali são amigos.
 J: Outros são colegas.
 A: Outros são pessoas.
 L: Mas lá nem da pra dar aula, só tem grito
 A: Mas aquela vez eu me senti desmotivado de verdade.
 J: Sabe quando eu me senti muito desmotivado? Quando você falou que a gente ia ter que apresentar pra outra sala
 P: É.
 A: Outra vez que eu me senti desmotivado. Quando que foi? Foi... Quando ela falou que a gente ia ter que fazer pesquisa. Eu me senti muito desmotivado.
 J: Pra que pesquisa, né?
 G: É. A gente gosta de pôr a mão na massa.
 A: A mão na massa.
 G: E não funcionar depois de duas horas. (Trecho da transcrição do encontro do dia 08/11/2024)

Esses relatos indicam uma preferência explícita por atividades práticas “mão na massa” e uma resistência às propostas como apresentações e pesquisas. Essa atitude dos alunos revela uma tensão que a escola enfrenta atualmente, que é como equilibrar o trabalho com tecnologias digitais e práticas investigativas com a necessidade de manter certos formatos pedagógicos convencionais. Como ressalta Moran (2018, p. 10),

As tecnologias digitais trazem inúmeros problemas, desafios, distorções e dependências que devem ser parte do projeto pedagógico de aprendizagem ativa e libertadora. No entanto, esses problemas que as tecnologias trazem não podem ocultar a outra face da moeda: é absurdo educar de costas para um mundo conectado, educar para uma vida bucólica, sustentável e progressista baseada só em tempos e encontros presenciais e atividades analógicas (que são, também, importantes).

Assim, o desafio não está em escolher entre um ou outro, mas em integrar essas dimensões para potencializar a aprendizagem e o engajamento dos estudantes. Além dos desafios técnicos, os alunos também enfrentaram obstáculos relacionados à infraestrutura da escola. Problemas como o bloqueio de downloads e a internet instável foram destacados em suas falas:

Thainá: Mas em relação a nossa eletiva?
 L: A internet tinha que ser melhor, atrapalha muito
 A: A Bárbara tinha que deixar a gente fazer tudo
 Thainá: Mas é que vocês não estão tão acostumados com isso, ai ela tem medo de vocês se machucarem. (Trecho da transcrição do encontro do dia 08/11/2024)

Essas dificuldades vão além de simples questões técnicas, elas revelam o quanto a escola ainda precisa se adaptar para oferecer um ambiente que possibilite experiências mais autônomas e conectadas ao mundo real. Como destacam Garofalo e Bacich (2020, p. 171),

O grande desafio é articular os conhecimentos acadêmicos, que não devem ser descartados, com habilidades e competências mais amplas, que auxiliem os estudantes a colocar em prática, na resolução de desafios diários, atuais e futuros, os conhecimentos construídos na vida escolar. Conectar a escola ao mundo real é uma das possibilidades, e pensar em uma aprendizagem socioemocional atrelada ao currículo “formal” pode ser um caminho.

Nesse contexto, a resistência em permitir que os alunos manuseassem determinadas ferramentas e a limitação quanto ao acesso à internet da escola aparecem como sinais de um sistema educacional que ainda equilibra tradição e inovação. Apesar disso, o grupo conseguiu, muitas vezes, contornar essas barreiras, demonstrando criatividade e resiliência.

Como mediadora, também me deparei com desafios: a dificuldade de “desligar” o papel de professora e assumir o de pesquisadora, permitindo que os alunos tomassem as rédeas do processo. Essa reflexão, registrada no diário de campo, indica o quanto o projeto também foi um espaço de aprendizagem para mim:

Um ponto que me chamou a atenção tanto nesta como na última aula foi a falta de engajamento dos alunos. Embora eles tenham escolhido participar deste projeto, percebi que eram bastante passivos, mantendo-se em silêncio e sem muita iniciativa durante o tempo de aula. Esse comportamento me levou a uma reflexão sobre o meu próprio papel como educadora e pesquisadora. Notei que estava com dificuldades em "desligar" o meu papel de professora e assumir totalmente o de pesquisadora e mediadora. Senti que estava constantemente tentando captar a atenção dos alunos, o que, na verdade, vai contra a essência da cultura maker, na qual optei por trabalhar justamente para motivá-los a se engajarem de forma autônoma e assumirem o protagonismo no processo de ensino-aprendizagem. Esse conflito entre ser professora e ser pesquisadora me fez questionar como posso ajustar minha abordagem para realmente incentivar a participação ativa dos estudantes, sem precisar recorrer a estratégias mais tradicionais de ensino. (Trecho do diário de campo do dia 23/08/2024)

Essa tensão entre os papéis assumidos durante a investigação é coerente com a compreensão de Bicudo (1993) sobre a pesquisa qualitativa, na qual o pesquisador é parte constitutiva do fenômeno estudado e, portanto, não pode ser neutro ou distanciado. Para a autora, a subjetividade e a intencionalidade do pesquisador fazem parte do processo investigativo, e reconhecer essa implicação é condição essencial para a construção do conhecimento. Assim, a vivência em sala e as decisões pedagógicas tomadas durante a eletiva não apenas influenciaram o desenvolvimento da pesquisa, mas também se tornaram parte dela, revelando o caráter reflexivo e transformador da prática investigativa.

Um dos momentos mais marcantes em relação aos desafios vivenciados foi quando os alunos se depararam com a resistência da professora, como já citado anteriormente, em permitir

que eles utilizassem determinadas ferramentas, como serra e martelo, por receio de acidentes. Essa postura gerou uma sensação de frustração no grupo, como pode ser percebido no diálogo:

Thainá: O que vocês acham sobre aquele dia que vocês queriam serrar?
 P: Ah, eu acho que um problema.
 G: Não. Foi uma divergência de opiniões.
 Thainá: Por quê?
 J: A Barbara não deixou
 A: É. Ela não queria deixar. Eu falei pra você. Ela não deixou desde o começo.
 P: Apenas ela não queria, a equipe queria.
 J: É.
 A: Se precisasse, serrava no dente.
 Thainá: Então vocês acham que é tipo um problema as pessoas barrarem vocês de fazerem alguma coisa?
 L: Sim
 Thainá: Mas ela estava preocupada com vocês, pra não machucarem.
 A: Eu acho. Por exemplo. Tá faltando um martelo. Cadê o martelo? Eu ia arrumar o martelo da escola.
 P: É
 A: Tá entendendo? Não deixaram arrumar nem o martelo.
 Thainá: Você queria terminar de cortar
 A: Então, eu ia cortar. Eu cortei ele retinho e ia encaixar no lugar. Ia ficar um pouco menor o braço. Mas isso não faz diferença.
 J: Não faz
 A - O outro ali é pequeno. (Trecho da transcrição do encontro do dia 08/11/2024)

Essa situação revela uma tensão importante quando pensamos em práticas sustentadas pela Cultura *Maker*. De acordo com Bacich e Moran (2018), o ambiente maker pressupõe que o estudante experimente, erre e tente novamente, compreendendo o erro e o risco como parte essencial do processo de aprendizagem. Nessa perspectiva, o professor atua como mediador, garantindo a segurança física, mas também encorajando a autonomia e a confiança para que os alunos possam explorar, criar e aprender com seus próprios processos.

Bacich e Holanda (2020) reforçam essa visão ao afirmarem que a aprendizagem significativa emerge quando o aluno se engaja ativamente na resolução de problemas reais, assumindo o protagonismo de suas ações. Assim, ao restringir o uso de determinadas ferramentas por receio de acidentes, a professora, ainda que movida por cuidado, acabou limitando o espaço de experimentação e autoria dos estudantes, elementos fundamentais na Cultura *Maker*. Essa reflexão evidencia como o ato de “permitir o risco” também faz parte do desenvolvimento da autonomia e da confiança dos alunos, aspectos centrais de uma prática verdadeiramente maker.

Os estudantes expressaram claramente a percepção de estarem “presos” e de que suas vozes e decisões eram limitadas. Embora a preocupação da professora fosse legítima, relacionada à segurança no manuseio de ferramentas, o episódio evidencia uma tensão comum

na implementação de práticas pedagógicas que valorizam a autonomia e o protagonismo estudantil. Como destacam Holanda e Bacich (2020, p. 47),

A formação continuada de professores, os grupos de estudos nas instituições e o planejamento colaborativo e reflexivo podem servir como insumos para a construção das habilidades de um professor que terá desafios que podem não ter feito parte de sua formação inicial, mas que poderão trazer benefícios imensuráveis quando tratamos de uma educação pautada no desenvolvimento de competências.

Essa situação reforça a necessidade de preparar os educadores para atuar como mediadores capazes de equilibrar segurança e liberdade, oferecendo aos alunos espaço para assumir riscos calculados e desenvolver habilidades críticas e práticas. O desconforto relatado pelos estudantes sinaliza a importância de avançar na construção de um ambiente onde eles possam experimentar, errar e aprender com maior autonomia, sem sentir que sua capacidade de decisão é constantemente cerceada.

Durante a construção do protótipo, esse equilíbrio também se refletiu em minha postura como mediadora. Ao observar o entusiasmo do grupo, percebi que eles estavam tão imersos na prática que avançavam sem um planejamento preciso, o que gerava confusões sobre o que precisava ser feito e como organizar as tarefas. Para ajudá-los a estruturar melhor as ideias e direcionar o trabalho, sugeri que desenhassem um croqui do projeto, o que se tornou um momento importante de colaboração:

G: Vamos ser mais práticos, tá?

J: A gente vai precisar, por exemplo, de um martelo pra pegar alguma coisa. Pra fixar isso aqui. Senão não vai dar certo. E um alicate.

A: Alicate pra? Ô, Braga. Não, como é que é? Não dá certo. Acho que vai ter que...Calma aí.

Thainá: Vocês não acham mais fácil pegar uma folha para desenhar o projeto?

G: É, né

A: O N desenha.

N: Pode ser só um esboço?

Thainá: Sim, só pra vocês saberem o que vocês têm que fazer. (Trecho da transcrição do encontro do dia 30/08/2024)

A partir desse momento, a colaboração entre eles se intensificou e a criação do croqui tornou-se uma atividade coletiva e espontânea, que ajudou a sistematizar o que estava sendo construído na prática:

J: Calma aí. Seja profissional. Peguem a folha do projeto para o N desenha e vejam o que precisamos pra fazer o projeto.

A: Braga, pega a folha e um lápis.

P: Tá, enfim, o que a gente vai precisar? Picharillo, senta aqui. O que a gente vai precisar?

A: Uma parte de madeira.

J: Um apontador.

A: Resumindo, você vai desenhar um bagulho de madeira com um pau aqui. Aí você vai fazer tipo um... como se fosse uma laminazinha de lado.

N: É isso que a gente vai desenhar?
 A: Você vai desenhar isso aqui.
 N: É isso.
 A: É, é. É isso que você vai desenhar. Parabéns.
 P: Não pode passar o fio aqui
 N: Por quê? Sabe aquele vídeo do TikTok? É, desenha o que você quer.
 A: É, então, exatamente. É isso. Faz tipo um pau. Aí você faz um pau subindo. Isso aí. (Trecho da transcrição do encontro do dia 30/08/2024)

Esse momento evidencia como a organização das ideias por meio do desenho foi fundamental para que o grupo canalizasse a energia prática em um trabalho mais estruturado, garantindo que a construção do projeto tivesse coerência e que as funções de cada um ficassem explícitas. Essas interações mostram que o grupo foi desenvolvendo habilidades de planejamento e resolução de problemas, características essenciais para a aprendizagem ativa que, segundo Moran (2018, p. 2), envolve “um processo de aprendizagem ativa, de enfrentamento de desafios cada vez mais complexos”.

A interação das tecnologias digitais e da Cultura *Maker* no contexto escolar evidenciou desafios e aprendizagens que ultrapassam os limites do currículo tradicional. Como destaca Moran (2018, p. 10),

Escolas deficientes em integrar o digital no currículo são escolas incompletas, pois escamoteiam uma das dimensões básicas na qual os humanos vivem no século XXI, ou seja, conectados, em rede, navegando competentemente entre mundos antes separados, hoje híbridos, em que a sinergia de processos não distingue fronteiras físico-digitais “realidade” presencial-digital-virtual.

Durante a eletiva, os alunos experimentaram diretamente essa realidade híbrida, alternando entre tarefas manuais e soluções digitais, enquanto lidavam com as limitações estruturais e tecnológicas da escola.

Além das dificuldades técnicas, os alunos também enfrentaram desafios relacionados ao ambiente escolar, que influenciaram o desenvolvimento do protótipo. Quando questionados sobre os maiores obstáculos, os relatos apontaram desde dificuldades específicas, como a programação, até questões mais amplas, como a infraestrutura da escola e a qualidade da internet:

Thainá: Ó, quais são, na sua opinião, as maiores dificuldades que a gente enfrentou ao trabalhar com tecnologias digitais e Cultura *Maker*?
 A: O Braga não saber fazer a programação 100%.
 L: Esquentar o negócio
 A: Olha, o Braga, ele fez o trabalho certo dele. Só que ele teve um problema ali, aí foi difícil.
 P: E o problema não foi meu.
 A: Não foi dele. Mas não foi complicado?
 P: Foi.
 A: Foi difícil.
 L: A internet da escola
 A: A escola bloquear de baixar as coisas.

G: A internet da escola.
 conversa cruzada...
 Thainá: Foca na pergunta! Quais foram os maiores desafios que a gente enfrentou ao trabalhar com tecnologias digitais e Cultura *Maker*?
 J: Então, o bagulho do Braga.
 P: Apenas com a minha programação. Difícil. Difícil. Muito difícil.
 N: O meu bagulho e do Braga.
 P: Não, o meu, né? O meu.
 A: O N ajudou
 P: É, verdade.
 Thainá: Vocês falaram da internet
 N: Sim
 AL: A internet da escola é horrível.
 Thainá: E da Cultura *Maker*? Aqui no laboratório teve algum?
 P: Não.
 A: Não, não, não.
 L: O calor
 I: Misturar a sala
 A: É. Mas não foi a gente. Foi a outra sala, lá que é horrível.
 L: É.
 P: Mas a sala não tá bem preparada.
 J: Na estrutura? Eu acho que tá. (Trecho da transcrição do encontro do dia 08/11/2024)

Apesar das dificuldades externas, os alunos ressaltaram que o laboratório *maker* ofereceu um ambiente propício para o protagonismo e a autonomia, onde os obstáculos foram enfrentados com criatividade e colaboração.

Em um dos momentos, diante de uma falha no equipamento, tivemos o seguinte diálogo

I: Único problema é que isso não ta funcionando
 L: Não ta girando
 Thainá: Vamos fazer funcionar
 I: A gente não sabe é por conta que a gente tava mexendo aqui antes com a Bárbara aí ele deu uma fígada aqui (relou na parte quente), só que não derreteu nada mas a gente tá achando que é algum problema
 AL: Eu já tirei isso daqui e coloquei de novo
 Thainá: Lá no laboratório tem outro fio desse
 L: Quer que a gente vá lá pegar?
 Thainá: Vamos tentar mexer aqui, se não der a gente troca
 L: E outra, a gente só testou com verde até agora, a gente não testou com branco. O I, a gente devia ter testado com o branco pra ver qual temperatura ele aguenta
 I: Depois a gente troca, vamos acabar com esse primeiro (Trecho da transcrição da culminância)

As discussões técnicas se desdobravam em decisões colaborativas sobre os materiais disponíveis. Durante o desenvolvimento do filamento, os alunos perceberam que as diferentes garrafas PET exigiam cuidados distintos em relação à temperatura de aquecimento.

L: Ah, as garrafas tem diferença, a verde ela é um pouco mais resistente a temperatura. E essa daqui a gente teria que passar... como a gente passa essa a 213°, acho que teria que passar a 200° que ela é um pouco mais fraca. Aí dá pra ver aquecer aqui, aqui é a temperatura que ela tá agora. (Trecho da transcrição da culminância)

Inicialmente, o grupo acreditava que as diferenças entre as garrafas não seriam tão significativas, mas, após testes sucessivos, perceberam que a temperatura correta variava

bastante. O processo não foi linear: por meio de muitas tentativas, erros, ajustes e observações, os alunos encontraram a temperatura adequada para produzir o filamento sem queimar ou deixar de derreter o material. Essa metodologia de ensino prática e investigativa foi fundamental para o avanço do projeto e evidencia como a Cultura *Maker* valoriza o aprendizado pela experimentação.

Outro momento que ilustra bem o protagonismo dos estudantes e o trabalho colaborativo foi quando surgiu a ideia de usar um cano de PVC para a estrutura da extrusora. A discussão evidenciou um planejamento coletivo cheio de questionamentos práticos:

- G: Gente, a gente também não pensou. Isso aqui parece um pedaço de cano PVC.
 A: Mas que jeito você vai prender o cano PVC? Que jeito você vai pregar o cano? com a sua mão?
 J: É isso que eu ia falar.
 G: Com o parafuso.
 J: E vai pregar o cano com a sua mão?
 G: Tá. Eu pensei que a gente tinha uma coisa. Peraí, mas qual que é a diferença da vassoura com o cano PVC?
 J: É que tem um buraco no meio do cano PVC.
 G: E o da vassoura não?
 J: Não. O cabo de vassoura não é oco.
 G: Ele é oco, a não ser que seja de madeira.
 J: Não tem como usar o cabo PVC
 G: Por quê?
 A: Porque aí vai ter que ter uma cola específica para colar isso aqui.
 N: Ô A! Por que vocês querem usar especificamente o cabo de vassoura?
 A: Porque o cabo de vassoura eu só prego por baixo e ele vai ficar preso.
 N: Entendeu.
 A: Porque o cano PVC ele é vazado. Você vai colocar ele aqui e vai ter que dar um jeito de colar.
 G: Mas o cabo de madeira não pode ser oco.
 A: É.
 G: Porque senão não adianta nada. É a mesma coisa que o cano PVC.
 J: Também.
 A: O que vai ser mais fácil de arrumar? Na escola. Ó. Só parafusa o bagulho e o bagulho fica firme.
 G: Não tem parafusadeira aí.
 J: Mas tem que ser o cabo de vassoura de madeira. Porque se for aquele de alumínio, de plástico, sei lá, aí ele é não vai prender.
 A: Aí a gente só tem que arrumar. O cano PVC onde você vai arranjar aqui na escola? Já sei.
 N: Na horta tinha. (Trecho da transcrição do encontro do dia 30/08/2024)

Esses momentos ilustram bem o que Valente (2018, p. 28) afirma: “o que os impulsiona no ensino é justamente a superação de desafios, a resolução de problemas e a oportunidade de construir novos conhecimentos”. Ao longo da construção da extrusora, os estudantes se envolveram em um constante processo de tentativa e erro, ajustando peças, testando materiais e refletindo sobre os fatores que influenciam o funcionamento do equipamento. Por exemplo, em um dos momentos de dificuldade técnica, o diálogo a seguir revela a persistência e colaboração dos alunos para superar o problema:

A: Tem que apertar mais, velho
 Bárbara: Sério?
 A: Deixa eu ver, tem que dar uma boa apertada
 P: Soltou aqui, soltou
 A: Ah, soltou aqui mano
 J: O que é isso? não é na ventoinha?
 P: é, mas se não passar energia aí nao vai funcionar
 A: Mas tem que chegar aqui
 P: é, tudo bem, mas a ventoinha vai passar energia pra esse outro lado
 J: Mas nem ligou aqui
 Bárbara: Quer por uma fita aí?
 J: Ata
 P: Acho que agora vai
 A: Peraí, acho que tem que colocar aqui
 P: Eu posso?
 A: Vai, eu não consigo isso, não
 J: Por que a gente vai usar isso daqui?
 Thainá: O que acontece, você tem que colocar a garrafa PET. Daí tem um motorzinho que empurra
 A: Tá aquecendo. tá aquecendo.
 Thainá: O motorzinho tem que empurrar a garrafa PET para entrar naquele buraquinho ali e fazer o filamento. E o outro motor pra puxar
 J: E vira isso aqui?
 Thainá: Isso
 P: Ta aquecendo
 G: Não tá aquecendo
 P: Ta aquecendo, cara
 A: Não tá. acho que aquela hora que você achou que tava aquecendo era por causa da ventoinha
 P: Olha como ta ficando
 Bárbara: Acho que essa pilha é pouco
 A: É
 J: A pilha tá funcionando?
 A: Tá, tá rodando a ventoinha
 Bárbara: Então, o que eu ia falar, aqui ta o filamento... a PET, eu preciso empurrar a PET pra lá
 A: Certo
 Bárbara: Então vai um motorzinho que empurra e outro motorzinho que puxa
 J: Aí vira isso aqui?
 Bárbara: Aí vira isso aí
 L: Vocês estão empurrando, vai explodir
 Thainá: Se cortar um pedacinho do plástico não fica mais fácil?
 A: Verdade
 P: Tá parando (Trecho da transcrição do encontro do dia 09/08/2024)

Essas experiências revelam que, para além das tecnologias em si, o processo de aprendizagem se fortaleceu por meio do engajamento coletivo e da capacidade de solucionar problemas reais. Os estudantes não apenas montaram uma extrusora, eles viveram intensamente o percurso de errar, analisar e reconstruir, navegando entre o físico e o digital, entre o planejamento e a execução, entre a teoria e a prática. Ao final do projeto, mesmo com todas as dificuldades, os alunos expressaram satisfação e orgulho pelo trabalho realizado:

Thainá: O que vocês mudariam nas aulas?
 P: Foi tudo ótimo
 A: Eu gostei, de verdade
 J: Foi legal ficar aqui (Trecho da transcrição do encontro do dia 08/11/2024)

Os desafios enfrentados ao longo da eletiva, longe de serem barreiras, tornaram-se elementos essenciais para o desenvolvimento das competências que a *Cultura Maker* e a abordagem STEM propõem. A cada problema, os alunos foram convidados a refletir, testar alternativas e construir soluções coletivas, fortalecendo habilidades como criatividade, resiliência e pensamento crítico. Como aponta Rocha (2018, p. 154), “a função social da escola para o século XXI é desenvolver aprendizagens para além do conteúdo escolarizado”. Essa experiência evidenciou que a aprendizagem mais significativa ocorre quando estudantes e educadores se colocam como protagonistas na construção de novos caminhos, mesmo diante de incertezas. No entanto, é preciso reconhecer que mudanças como essa não acontecem de forma imediata ou isolada.

É importante estabelecer que não existe uma única metodologia ou estratégia que seja capaz de transformar a educação. Esse processo é lento e requer planejamento minucioso, seja o planejamento das atividades que serão realizadas para proporcionar essas experiências de aprendizagem, seja um planejamento institucional estratégico que envolva um redesenho de espaços, de infraestrutura, da formação docente. Refletindo, ainda, sobre o sentido do protagonismo dos estudantes, não temos como isolar as variáveis que interferem no sucesso desse objetivo. Não serão a formação docente, as tecnologias ou as metodologias, sozinhas, responsáveis por esse processo (Bacich; Holanda, 2020, p. 2).

Assim, ao refletirmos sobre os desafios e soluções encontrados na eletiva, fica evidente que a transformação educacional não pode ser atribuída a um único fator. A experiência vivida pelos alunos demonstra que o protagonismo estudantil, aliado ao planejamento intencional do professor e ao apoio institucional, é capaz de construir caminhos mais significativos para a aprendizagem. Essa integração entre teoria e prática reforça que metodologias ativas como a *Cultura Maker* e a abordagem STEM só alcançam seu real potencial quando incorporadas em um ecossistema educativo que valoriza a experimentação, o erro e a construção coletiva de conhecimento.

Dessa forma, ao analisar os desafios e soluções encontradas ao longo do percurso, é possível perceber que a interação entre a *Cultura Maker* e a abordagem STEM, embora repleta de obstáculos, revelou-se uma oportunidade de aprendizagem e desenvolvimento. Os desafios enfrentados, desde as limitações estruturais e técnicas até as questões emocionais e de convivência, mostraram que o processo de ensinar e aprender com base em metodologias ativas demanda mais do que domínio técnico, ele exige escuta, flexibilidade e sensibilidade para lidar com a imprevisibilidade que caracteriza o fazer coletivo. Por outro lado, as potencialidades observadas, como o fortalecimento da colaboração, da criatividade e do pensamento crítico, evidenciam o poder formativo dessas práticas quando o erro é compreendido como parte do processo e a experimentação se torna um meio legítimo de construir conhecimento. Assim, este

eixo da análise evidencia que a interação entre Maker e STEM não é apenas uma estratégia didática, mas uma possibilidade de ressignificar o papel da escola, do professor e dos estudantes na produção de saberes, tornando o aprendizado autêntico, significativo e conectado à realidade.

5.5 Reflexões Finais sobre a Interação entre ABP, Cultura *Maker* e STEM

Após a análise dos quatro eixos temáticos, esta subseção propõe uma reflexão mais ampla sobre como se deu a interação entre ABP, Cultura *Maker* e STEM no contexto investigado. Considerando que a ABP estruturou todo o percurso metodológico do projeto, é fundamental explicitar de que maneira o *maker* e o STEM se articularam com essa metodologia para compor o cenário investigativo. Essa síntese busca evidenciar tanto as intersecções e disjunções entre elas quanto os desafios e potencialidades que emergiram ao longo do processo.

Desde o início da eletiva, a ABP teve um papel central na estruturação das aulas, organizando o trabalho dos alunos a partir de uma problemática real: *Como podemos transformar garrafas PET descartadas em filamentos para impressora 3D?* Essa questão motriz orientou as etapas investigativas, desde a exploração do problema até a construção de soluções concretas, incentivando o protagonismo estudantil, a pesquisa colaborativa e a tomada de decisões coletivas (Bender, 2014).

Dentro desse cenário, a Cultura *Maker* e a abordagem STEM foram incorporadas como dimensões complementares, cada uma trazendo contribuições específicas para o desenvolvimento da eletiva. A interação entre *Maker* e STEM ocorreu de maneira dinâmica, revelando pontos de convergência e de tensão. Entre as intersecções, destacam-se as práticas de “mão na massa” que caracterizam ambas as abordagens, a resolução criativa de problemas e o uso de tecnologias digitais e dispositivos eletrônicos. Esses elementos se manifestaram, por exemplo, quando os alunos precisaram programar o Arduino para controlar o motor e ajustar o hotend, conciliando a experimentação do *Maker* com os conhecimentos técnicos de Engenharia e Matemática próprios do STEM. Quando questionados sobre essa interação, os alunos caracterizaram como algo diferente e marcante, enfatizando as diferenças entre essas abordagens e as tradicionais, conforme ilustra do trecho a seguir:

L: Eu gostei da parte prática, parafusar foi legal. Eu aprendi a fazer as ligações

AL: Sim, não sabia mexer com aquelas peças antes e nem conectar os fios para funcionar

I: Ah, eu achei legal porque aí a gente teve uma aula mais diferente do que a gente costuma ter. Ao invés de ficar sentada na carteira escutando o professor falar

A: Verdade (Trecho da transcrição do encontro do dia 08/11/2024)

Essas características das aulas que usam metodologias e abordagens ativas são defendidas por Camargo (2018, p. 13), que aceita essa mudança como responsável pelo “aumento da motivação e do interesse dos alunos, à medida que são convidados [...] a participar da aula, ou seja, no momento em que se sentem parte do processo”. Essa percepção esteve presente durante a eletiva, onde a participação ativa dos alunos e o envolvimento com projetos concretos se mostraram fundamentais para o engajamento.

Entretanto, ao longo do percurso, algumas disjunções também se tornaram visíveis. Enquanto a Cultura *Maker* favoreceu a liberdade criativa, a reutilização de materiais e a aprendizagem por tentativa e erro, a abordagem STEM demandou maior rigor conceitual, sobretudo nas etapas que exigiam cálculos de consumo energético, análise de eficiência da extrusora e programação. Essa distinção foi notável quando os alunos trabalharam na montagem física da extrusora, mais alinhada ao *maker*, e posteriormente na análise dos dados coletados sobre o consumo de energia, em uma atividade ancorada no STEM.

Ao refletir sobre os desafios da interação entre essas metodologias, observa-se que o principal obstáculo esteve na necessidade de equilibrar a criatividade e a flexibilidade proporcionadas pelo *Maker* com o rigor e a sistematização exigidos pelo STEM. Além disso, os alunos enfrentaram dificuldades técnicas, como erros de programação e falhas mecânicas, que exigiram resiliência e trabalho colaborativo para serem superados. Tais momentos, embora desafiadores, revelaram-se extremamente ricos para o desenvolvimento de habilidades socioemocionais e cognitivas.

Muitos relataram que o envolvimento na construção da extrusora foi um dos aspectos mais interessantes e desafiadores. A possibilidade de lidar com problemas reais e aplicar soluções criativas foi vista como uma experiência transformadora. (Trecho do diário de campo do dia 08/11/2024)

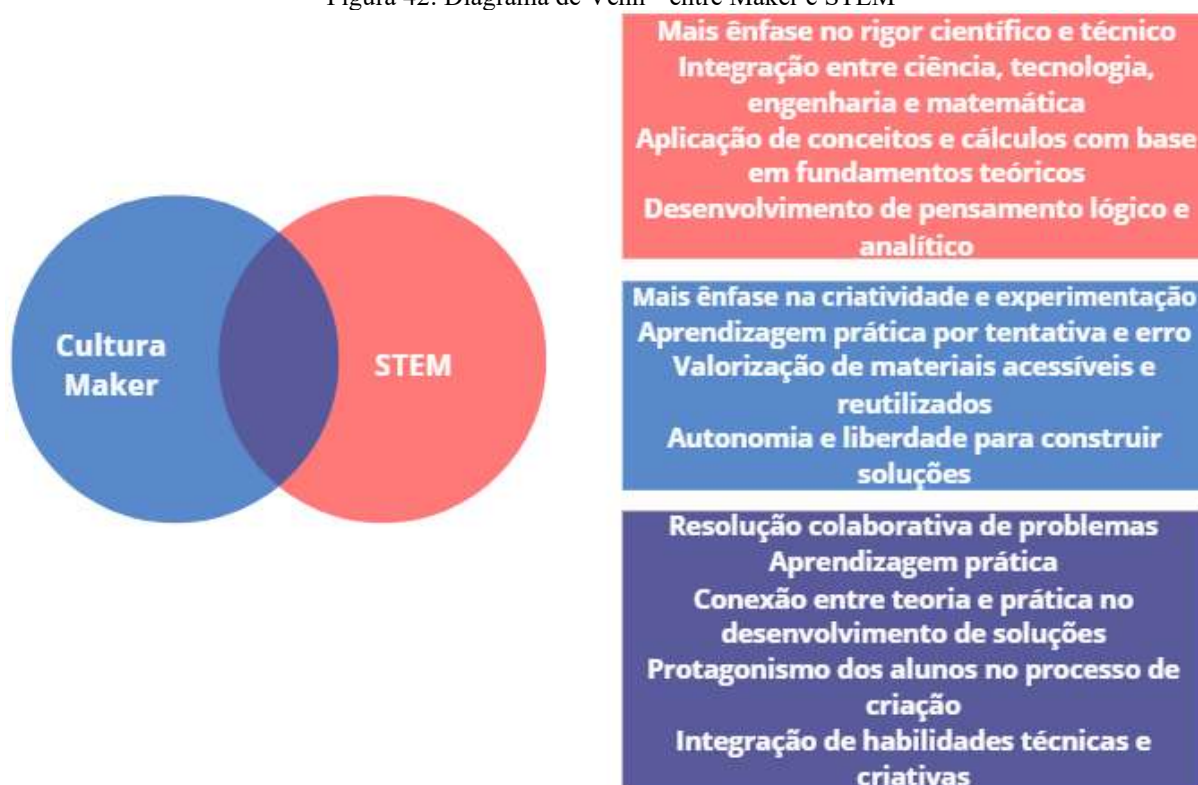
Além disso, as potencialidades dessa interação se destacam de maneira contundente. O projeto promoveu o engajamento dos alunos ao conectar aprendizagens escolares com questões socioambientais, estimulando competências em múltiplas áreas do conhecimento. Como foi ressaltado por um dos alunos, “I: Preservar o meio ambiente é um dever de todos nós” (Trecho da transcrição do encontro do dia 30/08/2024).

Evidenciando a internalização de valores éticos e ambientais que ultrapassam a simples compreensão conceitual. A articulação entre ABP, *Maker* e STEM permitiu que os alunos se tornassem agentes ativos na construção de soluções para problemas reais, desenvolvendo pensamento crítico, capacidade de análise e habilidades técnicas em um processo interdisciplinar e contextualizado.

Assim, a análise evidencia que a experiência não pode ser reduzida a uma atividade *maker* isolada. Embora a experimentação e a prototipagem sejam elementos centrais, o ABP forneceu a estrutura metodológica que orientou o percurso investigativo, enquanto a abordagem STEM garantiu a fundamentação conceitual e técnica necessária para a execução do projeto. Esse entrelaçamento metodológico, com momentos de intersecção e de disjunção, revela a riqueza e a complexidade de articular diferentes perspectivas pedagógicas em uma única experiência. Ao mesmo tempo, evidencia o potencial dessas metodologias quando aplicadas de maneira integrada no contexto escolar.

Para sintetizar visualmente essas relações, propõe-se o uso de um diagrama de Venn, destacando as áreas de intersecção entre Cultura *Maker* e STEM e suas respectivas singularidades, como mostrado na figura 42.

Figura 42: Diagrama de Venn⁴⁶ entre Maker e STEM



Fonte: elaborada pela autora

Essa representação gráfica reforça a compreensão de que a interação entre Cultura *Maker* e STEM vai além de uma simples sobreposição de práticas. Ela constitui um espaço,

⁴⁶ Acesse a animação por meio do Qr Code para visualizar a dinâmica entre Cultura Maker e abordagem STEM



Essa figura foi elaborada pela autora com auxílio do ChatGPT(OpenAI)

onde criatividade e rigor técnico dialogam para potencializar o processo de ensino e aprendizagem. Ao visualizar as convergências e divergências, evidencia-se o caráter complementar dessas abordagens e o papel central da ABP como articuladora desse processo. Assim, o diagrama não apenas ilustra a complexidade da experiência investigada, mas também convida a refletir sobre os desafios e as possibilidades de promover metodologias ativas de forma integrada no contexto escolar.

A animação disponibilizada pelo Qr Code representa a relação dinâmica entre Cultura *Maker* e abordagem STEM nas atividades realizadas. A intersecção entre os dois círculos não é fixa, mas varia conforme o momento da prática pedagógica: em algumas situações há maior ênfase no *Maker*, em outras no STEM, e em determinados momentos ambos aparecem de forma equilibrada. O movimento cíclico ilustra essa fluidez de ênfases ao longo das aulas, reforçando que não se trata de abordagens isoladas, mas complementares e interdependentes.

Para concluir podemos dizer que não entendemos *Maker* e STEM como dimensões isoladas, mas como algo que se movimenta, se aproxima e se distancia dentro das atividades. O GIF é uma forma de representar visualmente como cada um dos dois ganha mais ou menos destaque em diferentes momentos, ou se fundem completamente.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao concluir esta dissertação, é inevitável não olhar para trás e reconhecer o percurso traçado: dois anos de leituras, investigações, inquietações e diálogos que, mais do que respostas prontas, abriram caminhos para novas perguntas e possibilidades. Embora esta seção carregue o nome de “considerações finais”, ela não encerra o movimento iniciado, mas o prolonga, convidando a outros olhares, outras pesquisas e outros encontros com o conhecimento.

A problemática que gerou a investigação tecida nas páginas anteriores, na verdade, não se restringe ao contexto acadêmico do mestrado. Ela se conecta à minha própria trajetória enquanto estudante no Ensino Fundamental, quando me percebia com dificuldades de acompanhar as aulas conduzidas a partir de abordagens tradicionais, nas quais o aluno ocupava o papel de mero ouvinte. Essa experiência pessoal, marcada por inquietações sobre como poderia aprender de maneira mais ativa e significativa, ressurgiu com força durante a pesquisa de mestrado, agora sob um novo olhar: o de professora e pesquisadora. Passou a inquietar-me a forma como a escola ainda insiste em práticas de transmissão, pouco abertas ao diálogo e à participação dos alunos, especialmente em um cenário em que as demandas sociais e tecnológicas exigem sujeitos críticos, criativos, comunicativos e capazes de colaborar. Assim, a pesquisa nasceu do desejo de compreender como práticas pedagógicas ativas, criativas e investigativas podem contribuir para uma formação significativa, na qual o estudante não seja apenas um espectador, mas um agente ativo na construção do conhecimento.

Diante dessa reflexão, este estudo teve como problema de pesquisa: *“O que emerge da interação entre Cultura Maker e abordagem STEM em uma disciplina eletiva com alunos da primeira série do Ensino Médio?”* Com o intuito de responder a essa questão, o objetivo principal foi investigar as potencialidades e os desafios dessa interação no contexto do Ensino Médio.

Para que essa investigação pudesse ser realizada, foi fundamental assumir uma base teórica consistente, ancorada na perspectiva de Bacich e Holanda (2020), Bacich e Moran (2018), Camargo e Daros (2018), Soares (2021) e Bender (2014), para entender o papel das metodologias ativas, dando ênfase na Cultura *Maker* e na abordagem STEM, sem perder de vista o papel do professor como mediador nessas novas perspectivas. Todas essas precauções permitem a observação do processo de ensino e aprendizagem como um movimento dinâmico, no qual o estudante é provocado a agir, refletir e construir sentidos, e o professor, por sua vez, atua como um articulador de experiências que possibilitam aprendizagens mais significativas e conectadas com os desafios do nosso século.

Uma vez estabelecidas as bases que sustentaram esta investigação, foi no ambiente da disciplina eletiva com alunos do Ensino Médio que encontrei o espaço para transformar essas ideias em prática. Esse cenário se mostrou propício para explorar como a interação de metodologias ativas, em especial a Cultura *Maker* e a abordagem STEM, podem impactar o processo de ensino e aprendizagem. A disciplina foi concebida como um espaço experimental, onde estudantes e professor se engajaram em projetos colaborativos voltados para a resolução de problemas reais, com foco em sustentabilidade.

Durante a eletiva, os alunos foram convidados a discutir sobre a temática dos 3R's, servindo como base investigativa para que pudessem colocar a “mão na massa” na busca por soluções de um problema estabelecido pela professora da turma, a falta de uma extrusora de filamentos de garrafa PET. As atividades foram pautadas na perspectiva de investigação proposta por Skovsmose (2000), que enfatiza a importância de envolver os estudantes em cenários que vão além da simples aplicação técnica, estimulando a análise crítica dos contextos sociais, ambientais e éticos relacionados aos problemas abordados. Esse processo de construção de um protótipo exigiu dos alunos mobilizar conhecimentos de diferentes áreas, como Física, Química, Matemática e Programação, além de desenvolver habilidades socioemocionais, como trabalho em equipe, comunicação e resiliência diante dos desafios que surgiram. À medida que o projeto avançava, os estudantes foram desafiados a pensar criticamente sobre o impacto ambiental do consumo de plástico e sobre como a tecnologia pode ser uma aliada em práticas mais sustentáveis. A mediação docente, nesse contexto, teve papel central para provocar reflexões, apoiar a tomada de decisões e estimular a autonomia dos estudantes, criando um ambiente onde o erro era visto como parte do processo de aprendizagem.

Em resposta à questão norteadora desta pesquisa, pode-se afirmar que emergem múltiplas potencialidades e desafios. Entre as potencialidades, destacam-se o desenvolvimento de competências dos 4C's (criatividade, colaboração, comunicação e pensamento crítico), o fortalecimento do vínculo entre escola e realidade social, e o estímulo à autonomia e protagonismo estudantil. Essa interação favoreceu práticas investigativas que se aproximam do conceito de Ponte (2003), no qual o aluno é encorajado a levantar hipóteses, testar, argumentar e refletir criticamente sobre os resultados, promovendo uma aprendizagem mais ativa e participativa.

Por outro lado, emergem desafios relacionados à formação docente e à infraestrutura escolar. A ausência de uma cultura de trabalho interdisciplinar, a resistência a metodologias ativas e a limitação de recursos tecnológicos são fatores que podem restringir o alcance das práticas propostas. Esses aspectos reforçam a importância de investir na formação continuada

de professores, a fim de que consigam atuar como mediadores em cenários de investigação e possibilitar que o uso de tecnologias digitais e recursos *maker* não se reduza a uma prática tecnicista ou meramente instrumental.

Para avançar na reflexão sobre essa questão, destaco alguns elementos evidenciados na pesquisa: o papel das práticas colaborativas em projetos *maker*, a interação de conhecimentos das diversas áreas STEM para resolver problemas reais e a importância de conectar os conteúdos escolares ao cotidiano dos alunos. Com isso, proponho que a eletiva pode se configurar como um espaço propício para promover o engajamento dos estudantes e ampliar o sentido da aprendizagem para além do ambiente tradicional da sala de aula. Contudo, é fundamental pensar em como essas práticas são organizadas e mediadas para garantir que efetivamente gerem envolvimento e significado para os alunos. Além disso, é necessário considerar as particularidades do contexto escolar, assim como o papel do professor e dos recursos disponíveis, para que essa articulação entre Cultura *Maker*, STEM e ensino seja efetiva.

As análises realizadas ao longo do percurso investigativo revelam que essa articulação entre Cultura *Maker* e STEM possibilitou a criação de um espaço pedagógico dinâmico, no qual os estudantes foram convidados a se engajar ativamente em situações de aprendizagem mais conectadas ao seu cotidiano. Esse cenário favoreceu a mobilização de saberes diversos, estimulou o pensamento crítico e ampliou o sentido atribuído ao aprendizado escolar.

Essa possibilidade, no entanto, depende diretamente de como essas práticas são planejadas e mediadas. Quando bem estruturadas, tais experiências permitem que os alunos assumam um papel ativo no processo de aprendizagem, investigando, criando e colaborando para solucionar problemas com relevância social e ambiental.

Assim, este estudo sugere que a interação entre Cultura *Maker* e STEM, quando orientada por uma perspectiva crítica e investigativa, tem potencial para ressignificar o espaço escolar e contribuir para a formação de estudantes engajados, criativos e preparados para lidar com as complexidades do mundo. Essa ressignificação não se dá de maneira automática, mas requer intencionalidade pedagógica, sensibilidade ao contexto e compromisso com práticas que efetivamente coloquem o aluno no centro do processo de aprendizagem.

Antes de concluir, considero importante compartilhar o impacto que essa pesquisa e, especialmente, a experiência vivida durante a eletiva tiveram em minha vida, tanto no âmbito pessoal quanto profissional. O desenvolvimento do protótipo da extrusora e o contato direto com os alunos foram momentos transformadores que ampliaram minha visão sobre o potencial das metodologias ativas e do uso da tecnologia na educação.

Esse projeto, que nasceu da necessidade relatada pela professora Bárbara de explorar soluções sustentáveis no contexto da Cultura *Maker*, foi além de sua proposta inicial. Ele ampliou minha perspectiva sobre como projetos concretos podem fortalecer o engajamento dos estudantes e trazer sentido para a aprendizagem. Antes da eletiva, já via as tecnologias digitais como recursos importantes, mas não imaginava o quanto um trabalho prático poderia modificar profundamente minha visão sobre ensino e sustentabilidade.

Fiquei especialmente feliz em perceber que as metodologias ativas, como a Cultura *Maker* e a abordagem STEM, tornaram as aulas mais leves e acolhedoras, e testemunhar a evolução dos alunos ao longo dos encontros encheu meu coração de emoção. A parceria com a professora Bárbara e o envolvimento direto na construção da extrusora também me fizeram refletir sobre meu próprio consumo de PET e a importância da reciclagem. Transformar garrafas descartadas em material útil para futuros projetos demonstrou, na prática, como pequenas ações podem gerar impactos significativos e reforçou que muitas vezes subestimamos nossa capacidade de transformar o mundo.

No aspecto profissional, essa experiência me levou a repensar minha abordagem de ensino. Trabalhar com os alunos na resolução de problemas reais, com projetos concretos, fortaleceu minha convicção de que as metodologias ativas são fundamentais para uma aprendizagem efetiva. Além disso, influenciou diretamente minha pesquisa de mestrado, ajudando-me a entender melhor a interação de tecnologias digitais nas aulas e a importância do pensamento crítico, especialmente no ensino de Matemática e na discussão dos conceitos abordados.

É importante destacar que o caminho não foi fácil. Durante a construção da extrusora e a produção dos dados, enfrentamos desafios técnicos e dificuldades na programação e montagem, que em certos momentos me fizeram questionar se eu deveria continuar. No entanto, cada obstáculo foi uma oportunidade de aprendizado para mim e para os alunos, evidenciando a importância da persistência, do trabalho em equipe e da experimentação.

Além disso, notamos uma evolução significativa na relação com os alunos, principalmente em relação à timidez. No início, havia dificuldades de comunicação e certo receio entre nós, mas ao longo dos encontros, construímos um ambiente de respeito e confiança que permitiu a todos expressar suas opiniões abertamente. Esse crescimento ficou ainda mais evidente na culminância do projeto, quando uma aluna que só começou a se expressar no terceiro ou quarto encontro apresentou o protótipo com grande desenvoltura, momento que me encheu de orgulho por perceber que, de alguma forma, fiz a diferença em sua trajetória.

Essa experiência também transformou minha visão sobre a educação. Entrei na eletiva com expectativas baixas, devido a experiências anteriores, mas os alunos me surpreenderam e me transformaram. Saí dessa etapa com os olhos brilhando, lembrando-me do motivo pelo qual escolhi ser professora, e com a certeza de que estou no caminho certo.

Lembro que, no primeiro dia da eletiva, muitos alunos hesitaram em escolher o projeto da extrusora, e foi necessária uma intervenção da professora para formar o grupo. Contudo, ao longo do semestre, essa percepção mudou completamente. No início de 2025, durante o feirão das eletivas, os mesmos alunos que inicialmente estavam receosos vieram me procurar para garantir a participação nesse projeto novamente, sinalizando o impacto positivo que essa experiência teve em suas vidas.

Finalizo dizendo que essa vivência não foi apenas um projeto acadêmico para obtenção do título de mestre, mas um marco em minha trajetória. Ela me fez crescer como educadora e pessoa, reafirmando meu compromisso com uma educação ativa e consciente. Hoje, levo essa experiência para minha pesquisa, minhas aulas e meu cotidiano, buscando conectar conteúdos, realidade, tecnologia e metodologias ativas. Aprendi que, ao oferecer aos alunos a oportunidade de criar e resolver problemas reais, o impacto ultrapassa os muros da escola.

Apesar dos resultados alcançados e das reflexões produzidas, é importante reconhecer alguns limites desta pesquisa. Um dos principais desafios esteve relacionado à infraestrutura tecnológica da escola, especialmente a falta de acesso à internet em alguns momentos, o que ocasionou atrasos em etapas de programação e testagem da extrusora. Essa limitação, embora tenha exigido reorganizações e improvisos, acabou evidenciando também a autonomia e a colaboração entre os estudantes, que buscaram soluções alternativas para continuar o processo. Outro ponto diz respeito ao número reduzido de participantes e ao contexto específico da disciplina eletiva, fatores que restringem a generalização dos resultados, mas oferecem pistas significativas sobre o potencial formativo dessas práticas.

Tais aspectos, entretanto, não diminuem o valor da experiência, mas apontam possibilidades para novas investigações. Estudos futuros podem explorar, por exemplo, como a infraestrutura escolar influencia o desenvolvimento de projetos maker e STEM, ou ainda analisar estratégias de formação docente que auxiliem professores a lidar com limitações técnicas sem comprometer a intencionalidade pedagógica. Também seria pertinente investigar como o uso de tecnologias digitais pode ser aprimorado em contextos de restrição de recursos, de modo a fortalecer o protagonismo estudantil e a integração entre saberes.

Nesse sentido, este estudo evidenciou que a interação da Cultura *Maker* e abordagem STEM em uma disciplina eletiva pode ser um caminho para promover o engajamento dos

alunos. A partir da articulação entre atividades práticas, resolução de problemas reais e colaboração, foi possível criar um ambiente escolar que favoreceu a aproximação dos conteúdos com o cotidiano dos alunos, despertando seu interesse e participação. Assim, a eletiva se configurou não apenas como um espaço de aprendizagem técnica, mas também como um espaço de construção de sentido e protagonismo. Essa experiência aponta que metodologias ativas, quando bem mediadas, têm o potencial de transformar a experiência escolar e contribuir para uma educação mais conectada com os desafios do mundo contemporâneo.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. **Cultura maker e robótica educacional no ensino de física: desenvolvendo de um semáforo automatizado no ensino médio.** 2020. 69 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) - Centro de Educação, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2020.

ARAÚJO, J. L.; BORBA, M. C. Construindo Pesquisas Colaborativamente em Educação Matemática. *In: BORBA, M. C.; ARAÚJO, J. L. (Orgs.). Pesquisa Qualitativa em Educação Matemática.* 6 ed. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2023. p. 31-52.

AUSUBEL, D. P. **Educational psychology: a cognitive view.** Nova York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.

AZEVÊDO, L. S. **Cultura maker: Uma nova possibilidade no processo de ensino e aprendizagem.** 2019, Dissertação (Mestrado em inovação em tecnologias educacionais) Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal 2019.

BACICH, L. Formação continuada de professores para o uso de metodologias ativas. *In: BACICH, L.; MORAN, J. (Orgs.). Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática.* Porto Alegre: Penso, 2018. P. 129 – 152.

BACICH, L. Recolhendo evidências: a avaliação e seus desafios. *In: BACICH, L.; HOLANDA, L. (Orgs.). STEAM em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica.* Porto Alegre: Penso, 2020. P. 141 – 170.

BACICH, L.; HOLANDA, L. STEAM: integrando as áreas para desenvolver competências. *In: BACICH, L.; HOLANDA, L. (Orgs.). STEAM em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica.* Porto Alegre: Penso, 2020. P. 1 – 12.

BACICH, L.; MORAN, J. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática.** Porto Alegre: Penso, 2018. 239 p.

BAZAN, E. J. D. **Robótica educacional no ensino de física para o ensino médio via aprendizagem ativa.** 2019. 74 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2019.

BENDER, W. N. **Aprendizagem baseada em projetos: educação diferenciada para o século XXI.** Porto Alegre: Penso, 2014. 160 p.

BICUDO, M. A. V. Pesquisa em Educação Matemática. **Pro-Posições**, v. 4, n. 1[10], p. 18-23, mar. 1993.

BLANCO, R. M. M de matemática. *In: BACICH, L.; HOLANDA, L. (Orgs.). STEAM em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica.* Porto Alegre: Penso, 2020. P. 91 – 118.

BORBA, M. C.; ALMEIDA, H. R. F. L.; GRACIAS, T. A. S. **Pesquisa em ensino e sala de aula: diferentes vozes em uma investigação**. 2. Ed. Belo Horizonte: Autêntica editora, 2020. 126 p.

BORBA, M. C.; VILLARREAL, M. E. **Humans-with-media and the reorganization of mathematical thinking: information and communication technologies, modeling, experimentation and visualization**. New York: Springer, 2005. 232 p. (Mathematics Education Library, 39).

BOSS, S.; LARMER, J. **Ensino baseado em projetos: como criar experiências de aprendizagem sólidas e envolventes**. Porto Alegre: Penso, 2024. 197 p.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 23 dez. 1996.

BROCKVELD, M. V. V.; SILVA, M. R.; TEIXEIRA, C. S. A Cultura *Maker* em prol da inovação nos sistemas educacionais. *In: TEIXEIRA, C. S.; SOUZA, M. V. (Orgs.). Educação fora da caixa: tendências internacionais e perspectivas sobre a inovação na educação*. São Paulo: Blucher, 2018. P. 56 – 67.

CAMARGO, F. Por que usar metodologias ativas de aprendizagem? *In: CAMARGO, F.; DAROS, T. (Orgs.). A sala de aula inovadora: estratégias pedagógicas para fomentar o aprendizado ativo*. Porto Alegre: Penso, 2018. P. 13 – 18.

CAMARGO, F.; DAROS, T. **A sala de aula inovadora: estratégias pedagógicas para fomentar o aprendizado ativo**. Porto Alegre: Penso, 2018. 126 p.

CAMPOS, J. **Abordagem STEM: O desafio do seu planejamento e implementação na educação profissional de ensino médio**. 2020. 146 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação stricto sensu mestrado em ensino, Universidade do Vale do Taquari – Univates, Lajeado, 2020.

CARBONELL, J. **Pedagogias do século XXI: bases para a inovação educativa**. 3. Ed. Porto Alegre: Penso, 2016. 263 p.

CASCAES, N. S. **Cultura Maker Digital e o Desenvolvimento de Habilidades Socioemocionais no Aprendizado de Matemática**. 2021. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2021.

CHIRUGURU, S. B. The Essential Skills of 21st Century Classroom (4Cs). [S.l.]: s.n., mar. 2020.

CONRADO, A. L.; VENANCIO, V. Do feito à mão à experiência *maker*: um olhar d'ambrosiano entre modernidades e tradições. *In: CONRADO, A. L.; MIRANDA, G. A.; OLIVEIRA, Z. V. (Org.). Ubiratan Incomensurável*. São Paulo: Livraria da Física, 2022. P. 209 -2019.

CORNIERI, M. G.; FRACALANZA, A. P. Desafios do lixo em nossa sociedade. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, Belo Horizonte, v. 16, p. 57–64, 2010.

CORREA, F. T. G.; TOMCEAC, J. R. Considerações sobre o ensino e a aprendizagem de tecnologia no contexto do STEAM. *In*: BACICH, L.; HOLANDA, L. (Orgs.). **STEAM em sala de aula**: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica. Porto Alegre: Penso, 2020. P. 69 – 90.

CRUZEIRO, A. C.; MATOS, G. P.; TEIXEIRA, C. S. Atuação de espaços maker em bibliotecas: tendências de ampliação para o empreendedorismo e inovação. **VIA Revista**, Santa Catarina, ano 5, nº 8, p. 44 - 49, mar. 2020.

CUNHA, M. F. **Tecnologias digitais em cursos de licenciaturas em Matemática de uma universidade pública paulista**. 2018. 250 f. Tese (Doutorado) - Educação Matemática, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2018.

D'AMBROSIO, U. Prefácio. *In*: BORBA, M. C.; ARAÚJO, J. L. (Orgs.). **Pesquisa Qualitativa em Educação Matemática**. 6 ed. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2023. p. 11 - 22.

DAROS, T. Metodologias ativas: aspectos históricos e desafios atuais. *In*: CAMARGO, F.; DAROS, T. (Orgs.). **A sala de aula inovadora**: estratégias pedagógicas para fomentar o aprendizado ativo. Porto Alegre: Penso, 2018. P. 8 – 12.

DAROS, T. Por que inovar na educação? *In*: CAMARGO, F.; DAROS, T. (Orgs.). **A sala de aula inovadora**: estratégias pedagógicas para fomentar o aprendizado ativo. Porto Alegre: Penso, 2018. P. 3 – 7.

FILATRO, A.; CAVALCANTI, C. C. **Metodologias inov-ativas**: na educação presencial, a distância e corporativa. São Paulo: SaraivaUni, 2018. 272 p.

FILATRO, A.; CAVALCANTI, C. C. **Metodologias inov-ativas**: na educação presencial, a distância e corporativa. 2. Ed. São Paulo: SaraivaUni, 2023. 316 p.

FIORENTINI, D. Pesquisar prática colaborativa ou pesquisar colaborativamente? *In*: ARAÚJO, J. L.; BORBA, M. C. (Orgs.). **Pesquisa Qualitativa em Educação Matemática**. 6 ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2023. p. 53-84.

FOERSTE, E. Parceria na formação de professores. **Revista Iberoamericana de Educación**. v. 34, n. 3, p. 1-12, 31 dez. 2004. Organización de Estados Iberoamericanos.

FREIRE. **Pedagogia da Autonomia**: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GAROFALO, D.; BACICH, L. Um olhar para a aprendizagem socioemocional no STEAM. *In*: BACICH, L.; HOLANDA, L. (Orgs.). **STEAM em sala de aula**: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica. Porto Alegre: Penso, 2020. P. 171 – 188.

GIROTTI, E. D.; CÁSSIO, F. L. Inequality is the goal: Socio-spatial implications of the Integral Teaching Program in the city of São Paulo. **Education Policy Analysis Archives**, [S.L.], v. 26, p. 109-137. Mary Lou Fulton Teacher College.

GOMES, R. W. Por uma Educação Ambiental Crítica/Emancipatória: Dialogando com Alunos de uma Escola Privada no Município de Rio Grande/RS. **Ciência E Natura**, 36(3), 2014. 430–440.

GONÇALVES, D. C. **O Ensino de Física: Um olhar para a educação maker**. 2021. 246 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação Stricto sensu Mestrado Profissional em Ensino de Ciências (PPEC), Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2021.

GONÇALVES, M. O.; SILVA, V. Sala de aula compartilhada na licenciatura em matemática: relato de prática. In: BACICH, L.; MORAN; J. (Orgs.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018. P. 59 – 76.

HOLANDA, L. BACICH, L. A aprendizagem baseada em projetos e a abordagem STEAM. In: BACICH, L.; HOLANDA, L. (Orgs.). **STEAM em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica**. Porto Alegre: Penso, 2020. P. 29 – 50.

INSTITUTO FLORESTAL (São Paulo, Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente). **Territorialidades em luta: Uma análise dos discursos ecológicos**. Série IFSR, n. 9. São Paulo: Instituto Florestal, 1991.

LAYARGUES, P. P. O cinismo da reciclagem: o significado ideológico da reciclagem da lata de alumínio e suas implicações para a educação ambiental. In: LOUREIRO, C. F. B.; LAYARGUES, P. P.; CASTRO, R. de S. (Orgs.) **Educação ambiental: repensando o espaço da cidadania**. São Paulo: Cortez, 2002. p. 179-219.

LIMA, J. E. R. O papel das artes e do design no STEAM. In: BACICH, L.; HOLANDA, L. (Orgs.). **STEAM em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica**. Porto Alegre: Penso, 2020. P. 119 – 140.

LORENZIN, M. Formação de professores: vencendo os desafios de implementação do STEAM. In: BACICH, L.; HOLANDA, L. (Orgs.). **STEAM em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica**. Porto Alegre: Penso, 2020. P. 189 – 212.

LORENZIN, M.; ASSUMPCÃO, C. M.; BIZERRA, A. Desenvolvimento do currículo STEAM no ensino médio: a formação de professores em movimento. In: BACICH, L.; MORAN; J. (Orgs.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018. P. 199 – 219.

MEZZARROBA, M. P. Fundador do Fab Lab recife fala sobre a cultura do faça você mesmo e o futuro do movimento. **VIA Revista**, Santa Catarina, ano 5, nº 8, p. 112 - 116, mar. 2020.

MORAIS, S. P. et al. Metodologias ativas de aprendizagem: elaboração de roteiros de estudos em “salas sem paredes”. In: BACICH, L.; MORAN; J. (Orgs.). **Metodologias ativas para**

uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018. P. 220 – 237.

MORAN, J. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. *In:* BACICH, L.; MORAN; J. (Orgs.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora:** uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018. P. 1 – 25.

NETO, F. C. M. **A Cultura Maker no Ensino de Matemática:** Uma via para aprendizagem da trigonometria a partir da resolução de problemas. 2021. 65f. Dissertação (Mestrado) - Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional - PROFMAT, Universidade Estadual do Maranhão, 2021.

OLIVEIRA, D. S. et al. *Cultura Maker na Educação:* benefícios e desafios em iniciativas extracurriculares para escolas públicas. **Revista Caderno Pedagógico**, Curitiba, v. 21, n. 10, p. 1-22, 2024.

OLIVEIRA, J. C. S.; GAROFALI, V. K.; BECHER, E. L. O uso da calculadora no Ensino de Matemática: levantamento bibliográfico dos artigos publicados no XI e no XII ENEM. *In:* VIII Jornada Nacional de Educação Matemática e XXI Jornada Regional de Educação, 2020. Eixo 3 - Pesquisa em Educação Matemática, 2020.

PIRES, M. P. O STEAM e as atividades experimentais investigativas. *In:* BACICH, L.; HOLANDA, L. (Orgs.). **STEAM em sala de aula:** a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica. Porto Alegre: Penso, 2020. P. 51 – 68.

PONTE, J. P. **Explorar e Investigar em Matemática: Uma Actividade Fundamental no Ensino e na Aprendizagem.** Unión - Revista Iberoamericano de Educación Matemática - 6 (21), 2010, 13-30 p.

PONTE, J. P. **Investigar, ensinar e aprender.** Actas do Profmat. Lisboa: APM, 2003.

PUGLIESE, G. O. Um panorama do STEAM *education* como tendência global. *In:* BACICH, L.; HOLANDA, L. (Orgs.). **STEAM em sala de aula:** a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica. Porto Alegre: Penso, 2020. P. 13 – 28.

RIBEIRO, C. P.; NOVAIS, G. S. Mediação pedagógica, um conceito potente e ausente? O que diz a produção acadêmica no Brasil. **Póesis Pedagógica**, Catalão, v. 20, p. 64 – 77, 2022.

ROCHA, J. C. S. **O que é sustentabilidade.** 2. ed. rev. e ampl. Belo Horizonte: Editora Expert, 2023.

ROCHA, J. *Design thinking* na formação de professores: novos olhares para os desafios da educação. *In:* BACICH, L.; MORAN; J. (Orgs.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora:** uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018. P. 153 – 174.

ROMÃO, W.; SPINACÉ, M. A. S.; PAOLI, M. A. D. Poli(tereftalato de etileno), PET: uma revisão sobre os processos de síntese, mecanismos de degradação e sua reciclagem. **Polímeros**, 19(2), 2009. 121–132.

SANTOS, H. S. C. **Desenvolvimento do Pensamento Computacional através de Robótica Educacional no Ensino de Matemática**. 2022. 119 f. Dissertação (Mestrado) Mestrado em Educação em Ciências e Matemática, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2022.

SANTOS, K. S. et al. O uso de triangulação múltipla como estratégia de validação em um estudo qualitativo. **Ciência & Saúde Coletiva**, 25(2), p. 655–664. 2020.

SANTOS, P. I.; OLIVEIRA, L. A. S. Um olhar sobre o modismo x inovação das metodologias ativas no ensino do inglês. *In*: VIEIRA, P. (Org.). **Metodologias ativas: modismo ou inovação?** Quirinópolis, GO: IGM, 2021. P. 331 – 346.

SÃO PAULO (Estado). (2020). Currículo Paulista: Etapa Ensino Médio. São Paulo, SP.

SÃO PAULO (Estado). Currículo em Ação: Eletivas – Caderno do Professor(a). São Paulo: **Secretaria da Educação do Estado de São Paulo**, 2022.

SÃO PAULO (Estado). Diretrizes do Programa Ensino Integral. **Secretaria de Estado da Educação**, Imprensa Oficial, 2014. SÃO PAULO (Estado).

SÃO PAULO (Estado). **Secretaria de Educação do Estado de São Paulo**. Modelo Pedagógico e de gestão do Programa Ensino Integral: Procedimento Passo a Passo, SEDUC/Undime SP. São Paulo: SEDUC/SP, 2023.

SÃO PAULO. Secretaria da Educação do Estado de São Paulo. Currículo Paulista – Etapa Ensino Médio. São Paulo: EFAPE, 2022.

SÃO PAULO. Secretaria da Educação do Estado de São Paulo. Diretrizes Curriculares Projeto de Vida – Revisão V1. São Paulo: EFAPE, 2020.

SÃO PAULO. Secretaria da Educação do Estado de São Paulo. Diretrizes do Programa Ensino Integral. São Paulo: SE, [s.d.].

SÃO PAULO. Secretaria da Educação do Estado de São Paulo. Documento orientador - eletivas. São Paulo: SE, 2023.

SEBRAE – **Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas**. Sustentabilidade: para pequenos negócios [e-book]. São Paulo: SEBRAE, 2013.

SELVA, A. C. V.; BORBA, R. E. S. R. **O uso da calculadora nos anos iniciais do ensino fundamental**. Autêntica, 2010. 118 p.

SILVA, E. B. **Potencialidades e desafios das tecnologias digitais no estudo das relações trigonométricas no triângulo retângulo com aplicações da educação STEM por meio de uma sequência didática**. 2023. 157 f. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2023.

SILVA, L. S.; SOUZA, R. K. Ambientes maker e sua cultura. **VIA Revista**, Santa Catarina, ano 5, nº 8, p. 5 - 14, mar. 2020.

SILVA, L. S.; SOUZA, R. K; TEIXEIRA, C. S. Espaços makers educacionais: conectando inovação, ensino e aprendizagem. **VIA Revista**, Santa Catarina, ano 5, nº 8, p. 30 - 33, mar. 2020.

SILVA, S. O. C. **Construção de um tubo de kundt controlado por arduino para o ensino de ondas estacionárias**. 2022. 42 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2022.

SKOVSMOSE, O. **Cenários para investigação**. *Bolema-Boletim de Educação Matemática*, v. 13, n. 14, p. 66-91, 2000.

SKOVSMOSE, O. **Educação Matemática Crítica: a questão da democracia**. 4 ed. Campinas: Papirus, 2008. Tradução de Abgail Lins (caps. 1 – 4) e Jussara de Loiola Araújo (cap. 5).

SOARES, C. **Metodologias ativas: uma nova experiência de aprendizagem**. São Paulo: Cortez, 2021. 152 p.

STRAUSS A.; CORBIN J. **Técnicas e procedimentos para o desenvolvimento de Teoria Fundamental**. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

TAILLE, Y. L. O erro na perspectiva piagetiana. *In: Erro e fracasso na escola: alternativas teóricas e práticas*. São Paulo: Summus; 1997. P. 25 – 44.

THADEI, J. Mediação e educação na atualidade: um diálogo com formadores de professores. *In: BACICH, L.; MORAN; J. (Orgs.). Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática*. Porto Alegre: Penso, 2018. P. 91 – 105.

VALENTE, J. A. A sala de aula invertida e a possibilidade do ensino personalizado: uma experiência com a graduação em midialogia. *In: BACICH, L.; MORAN; J. (Orgs.). Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática*. Porto Alegre: Penso, 2018. P. 26 – 44.

APÊNDICE A – FOLHA DE ATIVIDADES

Escola: EE Sebastião de Oliveira Rocha
Nome:
Eletiva: Mak3Rs': Transformando ideias em ação
Tema: Explorando o Impacto Ambiental e Econômico da Reciclagem de Garrafas PET
Turma: Extrusora de PET

Atividade 1: Estimativa de Descarte de PET e Comparação com o Brasil

- **Objetivo:** Fazer estimativas de descarte de PET com base no consumo da turma e comparar com os dados de geração de resíduos plásticos no Brasil.
- **Atividade:**
 - **Passo 1:** Cada aluno registra quantas garrafas PET utilizam em uma semana.
 - **Passo 2:** Usando esses dados, fazer uma média de quanto uma pessoa descarta de garrafa por semana e fazer uma estimativa para um ano.
 - **Passo 3:** A partir dessa informação, calcule:
 - Quantidade de PET descartada por todos os alunos da turma em um ano.
 - Quantidade de PET descartada por todos os alunos da escola em um ano.
 - Quantidade estimada para os habitantes da cidade, utilizando os mesmos parâmetros.
 - Compare esse número com a quantidade de resíduos plásticos gerados no Brasil.

Pergunta reflexiva:

- Esse número impacta o meio ambiente?

Atividade 2: Cálculo da Quantidade de Garrafas Necessárias para o Filamento

- **Objetivo:** Calcular quantas garrafas PET são necessárias para produzir um carretel de 1 kg de filamento?

Questões: Quantas gramas de garrafa reutilizamos para produzir filamento (parte útil)? Considerando que em um carretel vem 1 kg de filamento, quantas garrafas preciso reutilizar para produzir essa mesma quantidade?

Pergunta Reflexiva:

- Qual a importância de saber quantas garrafas são necessárias para produzir filamento?

Atividade 3: Cálculo de Custo-benefício

- **Objetivo:** Calcular o custo de produzir filamento reciclado versus o custo de comprar filamento novo.
- **Atividade:** Comparar o custo de produzir filamentos com o custo de compra.

Questão: Quantos carreteis de filamento reciclado consigo produzir com o valor de um filamento novo?

Pergunta Reflexiva:

- Quais fatores além do custo devem ser considerados ao escolher entre filamento reciclado e novo, e como essas escolhas podem influenciar o sucesso e a viabilidade de projetos futuros?

Atividade 4: Influência Econômica no Consumo

- **Objetivo:** Calcular o impacto econômico de adotar garrafas retornáveis versus garrafas PET.
- **Atividade:** Comparar o custo de comprar garrafas de PET com o custo de usar garrafas retornáveis e analisar a longo prazo.

Questões: Qual a diferença de preço entre as duas garrafas? Considerando a quantidade que você consome de refrigerante por semana, quanto economizaria no ano comprando a de menor valor? E considerando a quantidade consumida pela sua família?

Pergunta Reflexiva:

- Como o fator econômico influencia a escolha entre garrafas PET e retornáveis? Será que o benefício financeiro das garrafas retornáveis poderia aumentar a conscientização ambiental?

APÊNDICE B – PERGUNTAS

Escola: EE Sebastião de Oliveira Rocha
Nome:
Eletiva: Mak3Rs ² : Transformando ideias em ação
Tema: Explorando o Impacto Ambiental e Econômico da Reciclagem de Garrafas PET
Turma: Extrusora de PET

Perguntas para a discussão:

- Como você descreveria sua participação no projeto de construção da extrusora de filamentos? O que você achou mais interessante ou desafiador?
- Houve algum momento em que você se sentiu mais envolvido ou motivado durante o projeto? Ou desmotivado e menos envolvido?
- O que vocês pensam sobre como as discussões e dinâmicas foram feitas ao longo do semestre? Proporiam algo diferente?
- Durante as aulas, vocês sentiram que tiveram a oportunidade de tomar decisões ou resolver problemas de forma independente? Quando?
- Quais são, na sua opinião, as maiores dificuldades enfrentadas ao trabalhar com tecnologias digitais e cultura *maker* na escola?
- Como foi trabalhar em grupo nesse projeto?
- O projeto contribuiu para sua formação escolar e pessoal? Como?
- Quais suas reflexões sobre os temas que discutimos?
- Quais foram os principais desafios encontrados ao usar a calculadora científica nas atividades? O que você achou?
- Como você percebe a integração de tecnologias digitais nas atividades?
- Como você avaliaria seu próprio aprendizado nas atividades? O que você gostaria de melhorar?

ANEXO A – TUTORIAL PLANILHA

1- Ligue a calculadora apertando o botão ON;



2- Utilize as setas da calculadora para chegar até a funcionalidade Planilha e pressione OK;



3- Essa é a tela que deve estar aparecendo para você agora:

	A	B	C	D
1				
2				
3				
4				

4- Para adicionar um número na planilha, digite o número desejado e aperte OK ou EXE. Para caminhar sobre as células, utilize as setas da calculadora para chegar até o local pretendido;

	A	B	C	D
1	56	96		
2	32	35		
3	12	14		2
4				

5- Há a possibilidade de se utilizar alguns recursos dentro desse menu apertando a tecla



“TOOLS” (), como mostra tela a seguir:

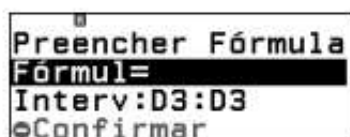
Preencher Fórmula
Preencher Valor
Editar Célula
Memória Disp

Apertando a seta para baixo, você terá outras opções, como mostram as imagens a seguir:

Cortar e Colar
Copiar e Colar
Apagar Tudo
Recalcular

Apagar Tudo
Recalcular
Cálculo Auto
Mostrar Célula

6- Vamos explorar o recurso “Preencher Fórmula”, pois os demais funcionam de maneira semelhante. Então, após colocar os valores na planilha aperte “TOOLS” e selecione a primeira opção (preencher fórmula) pressionando a tecla OK. A seguinte tela estará aparecendo para você:

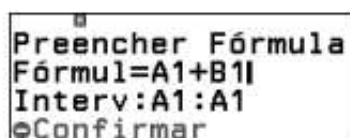


7- No campo “Fórmula=” podemos digitar a expressão desejada para preencher as células,

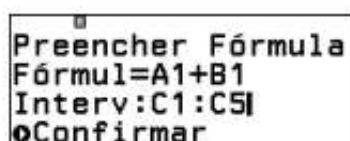
por exemplo aperte a tecla “SHIFT” (SHIFT) e o número 4, isso fará aparecer a letra “A” e em seguida aperte o 1, obtendo A1. Depois aperte

o “+” e novamente o “SHIFT” (SHIFT) e o número 5, isso fará aparecer a letra “B” e em seguida aperte a tecla “1”, obtendo B1.

A seguinte tela deverá estar aparecendo para você:



Você também pode escolher o intervalo em que essa fórmula será aplicada. Após preencher a fórmula, aperte a tecla “OK”. Para escolher o intervalo o procedimento é parecido. Após preencher a fórmula pressione OK para avançar até o intervalo. Na sequência pressione a seta para a direita (→) duas vezes, e apague a letra que aparece, caso necessário, e edite o intervalo conforme desejar. Veja o exemplo a seguir:



Na sequência, aperte OK duas vezes para confirmar.

8- A seguinte tela está aparecendo para você agora:

	A	B	C	D
1	56	96	152	
2	32	35	67	
3	12	14	26	2
4			0	

Note que na célula C1 está sendo realizada a soma da célula A1 e da B1, na célula C2 está sendo somada a célula A2 e a B2 e assim sucessivamente até a célula C5 (pois foi o intervalo escolhido). Como na células A4 e B4 e não há valores, a calculadora entenderá isso como sendo 0 e somará 0 no lugar, porém se alterarmos esses valores diretamente na planilha, a célula C4 modificará automaticamente:

	A	B	C	D
1	56	96	152	
2	32	35	67	
3	12	14	26	2
4	20	10	30	

=A4+B4



Note que na célula A4 foi digitado o número 20 e na célula B4 foi digitado o número 10, com isso em C3 apareceu 30 como resultado (soma de 20 e 10).

Obs: Você pode pedir para que duas ou mais células sejam somadas, multiplicadas, subtraídas, em fim, o que desejar! Entretanto, para que ela execute o comando em um intervalo de células de uma coluna ou linha, você precisará entrar no menu “preencher fórmula”, pois caso faça esse pedido na célula da propria planilha, como mostra a imagem a seguir, ela executará o comando somente naquela célula e mostrará somente o resultado final.





	A	B	C	D
1	56	96	152	
2	32	35	67	
3	12	14	26	
4	20	10	30	

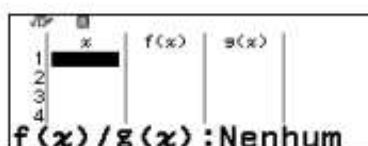
C1-A1 **96**

ANEXO B – TUTORIAL TABELA


1- Ligue a calculadora apertando o botão ON () e em seguida aperte HOME (). A seguinte tela aparecerá para você:

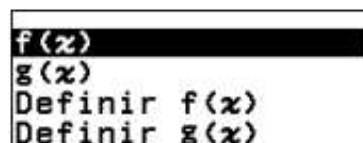




2- Em seguida, aperte a seta para direita (), em seguida para baixo () e OK () ou EXE () para abrir o menu “Tabela”. A seguinte tela aparecerá para você:



Na funcionalidade “Tabela”, é possível definir até duas funções, e será definido um intervalo de até 30 valores. Cada valor nesse intervalo, será aplicado nas funções estabelecidas e os valores irão aparecer na Tabela



3- Para iniciar, defina as funções. Primeiro defina $f(x)$, aperte o botão Function (). Essa tela irá aparecer:

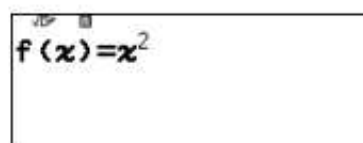


Em seguida, utilize a seta para baixo () até chegar em “Definir $f(x)$ ”, e clique no botão EXE ().


A seguinte tela aparecerá:




Para o exemplo, preencha com x^2 , para isso clique no botão x (), e em seguida no  , para inserir o quadrado, a tela deve estar igual a imagem abaixo:



Aperte EXE ().

Para introduzir a $g(x)$, aperte o botão Function (), igual na primeira parte, mas agora selecione a opção “Definir $g(x)$ ”.



Clique em “EXE” ().

Para $g(x)$, preencha com $2x$, para isso, clique no número 2 (2) e no x (x).
A tela estará assim:

A calculator screen displaying the function $g(x) = 2x$.

Aperte EXE (EXE).

4- Para definir o intervalo, aperte o botão “Tools” (Tools). A seguinte tela irá aparecer:

A calculator screen showing the menu options for the table function: Intervalo Tabela, Def f(x)/g(x), Tipo de Tabela, and Editar.

Aperte em “EXE” (EXE). Essa tela irá aparecer:

A calculator screen showing the interval settings: Inic: 1, Fim: 5, and Passo: 1.

E defina o intervalo, neste exemplo será utilizado de -2 até 27. Com o cursor em “Início:” aperte “EXE” (EXE), e digite - (-), e em seguida 2 (2), e aperte “EXE” (EXE), em seguida o cursor já irá descer para “Fim:”, aperte “EXE” (EXE), e os números 27 (2) e (7). Aperte “EXE” (EXE). Mantenha o passo com valor 1, e desça com a seta até “Executar”, e aperte “EXE” (EXE).

A seguinte tela irá aparecer:

A calculator screen showing a table of values for $f(x)$ and $g(x)$. The table has 4 rows and 3 columns. The first column is labeled 'x', the second 'f(x)', and the third 'g(x)'. The values are: Row 1: x=2, f(x)=4, g(x)=-4; Row 2: x=-1, f(x)=1, g(x)=-2; Row 3: x=0, f(x)=0, g(x)=0; Row 4: x=1, f(x)=1, g(x)=2. A cursor is positioned at the end of the first row, and the number -2 is displayed at the bottom right of the screen.

x	f(x)	g(x)
2	4	-4
-1	1	-2
0	0	0
1	1	2

Utilize as setas para ver todos os resultados.