

INCLUSÃO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA EM ABORDAGENS STEAM NO ENSINO DE CIÊNCIAS: UM PROJETO DE EXTENSÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DO LETRAMENTO CIENTÍFICO DE ALUNOS DO ENSINO FUNDAMENTAL ^[1]

Inclusion of the History of Science in Steam Approaches in Science Education: an Extension Project for the Development of Scientific Literacy of Elementary School Students

Cleidson Venturine* [cleidson.venturine@ua.pt]

Isabel Malaquias** [imalaquias@ua.pt]

Centro de Investigação em Didática e Tecnologia na Formação de Formadores*, *Departamento de Física, Universidade de Aveiro*

Campus Universitário de Santiago, 3810-13, Aveiro, Portugal.

Recebido em: 10/08/2023

Aceito em: 16/11/2023

Resumo

O modelo educacional tem sido alvo de diversas críticas por parte de educadores, pensadores e pesquisadores, propondo-se metodologias para promover uma melhoria no sistema de ensino e aprendizagem. No Brasil, a Base Nacional Comum Curricular, documento norteador da educação básica, está pautado no desenvolvimento de competências, defendendo que a área de Ciências Naturais tenha um compromisso com o desenvolvimento do letramento científico, de modo que os alunos se tornem cidadãos capazes de agir no e sobre o mundo a partir das contribuições teóricas e procedimentais das ciências. Considerando que existem interesses em comum, episódios ou temas da história da ciência e da tecnologia podem se tornar o fio condutor em abordagens STEAM, inspirando e contextualizando atividades inter ou transdisciplinares envolvendo as áreas de ciência, tecnologia, engenharia, artes e matemática, com foco em metodologias ativas e com o objetivo de fomentar o interesse dos alunos pelas carreiras científicas, instigando a curiosidade, desenvolvendo a criatividade, o pensamento crítico, o trabalho colaborativo e melhorando as habilidades de resolução de problemas. Este artigo apresenta os resultados preliminares de dois de três ciclos já realizados de um plano de investigação-ação que pretende identificar os impactos dessa abordagem, aplicada em um projeto de extensão, sobre o letramento científico de alunos do último ano do ensino fundamental de uma escola pública brasileira. As atividades aconteceram em encontros semanais, com palestras, leitura de textos, reprodução de experimentos e atividades *maker*. Os temas trabalhados incluíram a invenção do fonógrafo, o uso da energia solar e o plano inclinado de Galileu. Os dados foram coletados por meio de testes objetivos, formulários abertos, produção de *slides*, apresentações dos alunos em sala de aula, entre outros. Os resultados preliminares, analisados por meio de testes estatísticos não paramétricos, estatística descritiva e análise de conteúdo, indicam que houve impactos positivos sobre o letramento científico dos alunos, contribuindo para a compreensão de conceitos e termos técnicos e científicos, a compreensão da natureza da ciência e das relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Os estudos subsequentes envolverão a análise de entrevistas com professores e alunos, bem como dados relativos ao terceiro ciclo.

Palavras-chave: História da Ciência e da Tecnologia; Abordagens STEAM; Ensino de Ciências; Educação não formal; Letramento Científico.

Abstract

The educational model has been the subject of various criticisms from educators, thinkers, and researchers, being proposed methodologies to encourage improvements in the education and learning system. In Brazil, the National Common Curricular Base, a guiding document for basic education, is grounded on the development of competencies, advocating that the Natural Sciences area be committed with the development of scientific literacy, so that students become citizens capable of acting in and on the world based on the theoretical and procedural contributions of the sciences. Considering that there are common interests, episodes or themes from the history of science and technology can become the guiding thread in STEAM approaches, inspiring and contextualizing inter or transdisciplinary activities involving science, technology, engineering, arts, and mathematics, with a focus on active methodologies and with the aim of fostering students' interest in scientific careers, instigating curiosity, developing creativity, critical thinking, collaborative work, and improving problem-solving skills. This article presents the preliminary results of two out of three cycles already conducted in an action research plan that aims to identify the impacts of this approach, applied in an extension project, on the scientific literacy of students in the last year of elementary school from a Brazilian public school. The activities took place in weekly meetings, with lectures, text readings, replication of experiments, and maker activities. The worked themes included the invention of the phonograph, the use of solar energy, and Galileo's inclined plane. Data were collected through objective tests, open forms, slide production, student presentations in the classroom, among others. The preliminary results, analyzed through non-parametric statistical tests, descriptive statistics, and content analysis, indicate that there were positive impacts on the scientific literacy of the students, contributing to the understanding of technical and scientific concepts and terms, the comprehension of the nature of science, and the relationships between science, technology, and society. Subsequent studies will involve the analysis of interviews with teachers and students, as well as data related to the third cycle of research implementation.

Keywords: History of Science and Technology; STEAM Education; Science Education; Non-formal Education; Scientific Literacy.

1. INTRODUÇÃO

Educadores, pensadores e pesquisadores têm criticado o modelo educacional vigente. Nóvoa e Alvim (2020), por exemplo, sugerem a valorização dos espaços não escolares de aprendizagem, de novos ambientes educacionais multidisciplinares e adoção de metodologias que colocam o aluno no centro de um processo investigativo. Outros argumentam que o ensino de ciências deve contribuir para contextualizar o conhecimento, preparar os alunos para pensar criticamente e motivá-los a se aventurar no estudo das ciências (Morais & Paiva, 2014; Moreira, 2018). Com relação ao ensino de física, sugere-se, entre outras coisas, o abandono de metodologias tradicionais, focadas no professor, em favor de metodologias focadas no aluno, contextualizadas em sua realidade e visando o desenvolvimento de competências científicas e tecnológicas (Moreira, 2018).

No Brasil, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), documento que define o conjunto de aprendizagens essenciais que os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica, está orientado em diretrizes da OCDE e da UNESCO, focando no desenvolvimento de competências: “mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho” (Ministério da Educação, 2018, p. 8).

O mesmo documento defende que a área de ciências da natureza deve ter um compromisso com o desenvolvimento do letramento científico, para que os alunos se tornem cidadãos capazes de atuar no e sobre o mundo com base em recomendações teóricas e processuais das ciências. Estas diretrizes dialogam com políticas educacionais globais, baseadas no que podemos chamar de ideologia do desenvolvimento, estabelecendo demandas específicas para o ensino de ciências e a formação para a cidadania, considerando que existe uma relação direta entre o desenvolvimento científico e tecnológico e a ampliação do poder econômico de uma nação (Carvalho, 2009; Gerolin & Rosalen, 2014; Pugliese, 2020).

Entretanto, resultados de programas de avaliação em larga escala e outros estudos, como o índice de letramento científico (ILC), sugerem que o ensino de ciências no Brasil não tem conseguido atingir seus objetivos, seja por questões estruturais, políticas e econômicas, seja por questões relacionadas às metodologias utilizadas em sala de aula (Maia *et al.*, 2021; Moreira, 2018; Pizarro & Lopes Junior, 2017; Serrão *et al.*, 2016).

A BNCC traz recomendações sobre a utilização de atividades investigativas planejadas, partindo de questões que estejam contextualizadas no cotidiano do aluno, estimulando o interesse e a curiosidade científica para que possam desenvolver habilidades e competências específicas da área de ciências da natureza, sem esquecer do respeito a princípios morais e valores éticos (Ministério da Educação, 2018).

Nessa perspectiva, as abordagens STEAM surgem como uma alternativa para implementar projetos interdisciplinares ou transdisciplinares contextualizados à realidade dos estudantes e com foco em metodologias ativas, com o objetivo de fomentar o interesse dos alunos pelas carreiras científicas, instigar a curiosidade, desenvolver a criatividade, o pensamento crítico e o trabalho colaborativo, visando aprimorar as habilidades de solução de problemas em ambientes do mundo real (Bacich & Holanda, 2020; Maia *et al.*, 2021; Perignat & Katz-Buonincontro, 2019). Leslie (Leslie, 2014) sugere que a história da ciência e da tecnologia deve ser incluída neste conceito, considerada como artes liberais. Além disso, alguns defendem que as abordagens STEAM não precisam englobar, necessariamente, atividades que necessitem recursos tecnológicos de alto custo, sendo importante que uma visão mais crítica sobre questões socioambientais, sobre a natureza e a filosofia da ciência, e sobre as relações entre ciência, tecnologia e sociedade estejam mais presentes nessas abordagens (Pugliese, 2020).

Há, também, uma corrente que defende a inclusão da história da ciência no ensino de ciências, devido ao seu potencial em contribuir para humanizar as ciências, contextualizar as situações-problema, aproximar a ciência dos interesses dos alunos, tornar as aulas mais reflexivas (contribuindo para o desenvolvimento do pensamento crítico) e trabalhar questões relacionadas à natureza da ciência (Martins, 2007; Matthews, 1995; McComas, 2013; Silva & Neves, 2018). A própria BNCC reconhece que “a contextualização social, histórica e cultural da ciência e da tecnologia é fundamental para que elas sejam compreendidas como empreendimentos humanos e sociais” (Ministério da Educação, 2018, p. 549), e completa: “a contextualização histórica não se ocupa apenas da menção a nomes de cientistas e a datas da história da ciência, mas de apresentar os conhecimentos científicos como construções socialmente produzidas, com seus impasses e contradições, influenciando e sendo influenciadas por condições políticas, econômicas, tecnológicas, ambientais e sociais de cada local, época e cultura” (Ministério da Educação, 2018, p. 550).

Assim, considerando que existem objetivos em comum, entendemos que a história da ciência e tecnologia pode ser incluída como fio condutor em projetos STEAM, como já mostramos anteriormente em uma revisão sistematizada (Autor X1 & Autor X2, 2022). Porém, aparentemente, projetos que utilizam a história da ciência em abordagens STEAM não têm sido muito explorados, pelo menos no contexto brasileiro: além da revisão sistematizada que descrevemos anteriormente, em uma revisão

sistemática visando caracterizar práticas pedagógicas STEAM desenvolvidas no contexto brasileiro, não aparece qualquer prática que tenha como foco a história da ciência (Maia et al., 2021).

Além disso, acreditamos que projetos de educação não formal, que envolvem diferentes práticas de aprendizagem e construção de saberes através de atividades que não estão vinculadas ao currículo e a programas oficiais, podem contribuir para potencializar a educação formal e, pelo fato de ser menos engessada e mais flexível, serem mais suscetíveis a novas estratégias mais atraentes aos jovens do século XXI (Gohn, 2020; Rodrigues, 2016).

Este trabalho apresenta alguns resultados preliminares de uma investigação que tem por objetivo principal investigar quais os impactos de uma abordagem envolvendo a História da Ciência e Tecnologia no contexto da educação STEAM, através de um projeto de educação não formal, sobre o nível de letramento científico dos participantes, em particular na aquisição de habilidades e competências no âmbito das ciências físicas e suas tecnologias.

2. METODOLOGIA

Este artigo é parte de uma tese de doutorado e apresenta alguns resultados referentes a dois de três ciclos de um plano de investigação-ação, que promove a participação e colaboração entre o pesquisador e os demais indivíduos envolvidos na pesquisa; é de natureza prática e interventiva, envolvendo procedimentos cíclicos de planejamento, ação, observação e reflexão; promove melhores práticas, mudanças no ambiente e nos processos onde está inserido, através da ação do próprio investigador; e incorpora processos de autoavaliação, visando modificações/adaptações (Coutinho *et al.*, 2009). A ideia é que os resultados de cada ciclo possam contribuir para melhorar o planejamento e a execução das atividades para o ciclo seguinte, além de contribuírem para a análise final dos resultados.

Os dados foram coletados através de questionários, produção de *posters* digitais e produção de *power points*, além de entrevistas com alunos e professores e relatórios de atividades do investigador. Utilizamos uma abordagem mista de análise dos dados: uma abordagem quantitativa, utilizando estatística descritiva e inferencial para analisar os resultados dos testes aplicados, e uma abordagem qualitativa, utilizando análise de conteúdo de Bardin (Bardin, 1977) para analisar os dados dos questionários abertos e das produções dos alunos.

Este artigo apresenta resultados referentes aos dois primeiros ciclos do plano de investigação, excluindo as entrevistas, os relatórios do investigador e os resultados do terceiro ciclo. A seguir apresentamos o percurso metodológico organizado em tópicos.

2.1.O projeto de educação não formal

Na fase de revisão inicial de literatura foram selecionados textos e atividades relacionados à História da Ciência e da Tecnologia e à educação STEAM. Em parceria com uma equipe multidisciplinar de professores de um dos *campi* do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes), foi organizado um projeto de educação não formal para atender 15 alunos (selecionados através de sorteio) do último ano do ensino fundamental de uma escola pública parceira, situada em uma região de vulnerabilidade social. Esta pesquisa foi autorizada pelo comitê de ética em pesquisas com seres humanos do Ifes.

As atividades do primeiro ciclo tiveram início em junho e terminaram no início de setembro de 2022. Dos 15 alunos que iniciaram este ciclo, 12 concluíram. Já as atividades do segundo ciclo iniciaram em setembro e foram encerradas em dezembro de 2022. Dos 12 alunos que iniciaram este ciclo, 7 já haviam participado do primeiro ciclo e 10 concluíram. As atividades aconteceram em encontros semanais, com duração de 2h, através de uma abordagem STEAM inspirada em episódios da História da Ciência e da

Tecnologia, com palestras, leitura de textos, reprodução de experimentos e atividades *maker*, abordando conceitos de ciências, aspectos relacionados à natureza da ciência e relações entre ciência, tecnologia e sociedade, além de visar o desenvolvimento de habilidades e competências diversas.

A seguir apresentamos um relato das atividades realizadas, separadas por temas, bem como a metodologia de coleta de dados utilizada durante as atividades.

2.1.1. A invenção do fonógrafo e o surgimento da indústria fonográfica

A invenção do fonógrafo por Thomas Edison, em 1878, foi o marco histórico utilizado como pano de fundo para desenvolver as atividades deste tema, conduzida em conjunto com um professor de Artes com formação em música.

No primeiro dia, em uma palestra, foram apresentados aspectos relacionados à invenção do fonógrafo, materiais utilizados, princípio de funcionamento, dificuldades enfrentadas por Edison, o surgimento do gramofone de Emil Berliner em 1887 (e suas diferenças em relação ao fonógrafo), o surgimento da indústria fonográfica (em meio a disputa de mercado) e o aparecimento desses aparelhos no mercado brasileiro. Nesse mesmo dia, os alunos construíram um modelo de gramofone rudimentar utilizando materiais reutilizados e/ou de baixo custo (papel, papelão e agulha) visando reproduzir o som girando o disco de vinil de forma manual.

No segundo dia, em outra palestra, foram discutidos os conceitos científicos envolvidos no funcionamento do fonógrafo e do gramofone. Abordaram-se os conceitos de onda sonora, frequência, timbre, intensidade e velocidade do som. A seguir, os alunos adicionaram um pequeno motor reaproveitado para, em associação a uma fonte de tensão variável, tentar girar o disco com velocidade constante, visando tornar o som reproduzido mais nítido. Durante a construção do artefato também foram discutidos conceitos relacionados ao funcionamento dos circuitos elétricos, como intensidade da corrente e tensão elétrica.

Na última atividade relacionada a este tema, apresentou-se aos alunos uma breve biografia de Edison, ressaltando suas contribuições para a ciência e tecnologia, através de dois vídeos curtos. Posteriormente, eles realizaram testes utilizando um modelo didático do fonógrafo, construído com materiais de baixo custo. O modelo permitiu testar materiais diferentes para tentar gravar o som (garrafas de plástico, tubo de PVC e fita metalizada), além de agulhas diferentes e cones diferentes (copos com rigidez diferente). No segundo ciclo de intervenção, os alunos responderam a um questionário com questões abertas sobre o que haviam feito durante as atividades, produziram uma representação gráfica (desenho) do fonógrafo e do gramofone, e uma descrição de ambos, indicando o que cada um aprendeu, e que sugestões apresentavam para melhoria da atividade, tendo sido obtidas 5 respostas de alunos (presentes no dia). A figura 1 a seguir mostra alguns registros fotográficos das atividades realizadas.



Figura 1: Registro de atividades realizadas sobre o tema 1

2.1.2. Energia Solar e célula fotoeletroquímica de Grätzel

Iniciamos as atividades sobre este tema com uma atividade realizada no laboratório de informática. Aos alunos foram apresentados alguns comandos básicos do computador (muitos deles tiveram então o primeiro contato com um computador de mesa), como movimentar o *mouse*, abrir aplicativos, utilizar o navegador para pesquisas, copiar e colar textos e figuras, além de algumas ferramentas para utilizar o *software* Microsoft Power Point. Durante o primeiro ciclo de investigação, os alunos realizaram uma pesquisa sobre o tema “energia solar” e produziram um *slide* utilizando o aplicativo Power Point. A ideia era que o *slide* fosse criado como se fosse um cartaz ou *poster*. No segundo ciclo, eles foram apresentados à plataforma “*google drive*”, ao *google* documentos e ao *google* apresentações. Dessa vez, além do *slide* sobre o tema energia solar – que deveria ter alguma informação sobre a história da utilização da energia solar, eles deveriam criar um *slide* para descrever o que haviam aprendido com a atividade realizada.

Em seguida, realizamos a construção de uma célula de Grätzel, já apresentada em outros trabalhos (Alves, 2006; De Mayrinck et al., 2017; Maduro, 2016), sob orientação de um professor com formação em química e experiência com essa atividade. Ao longo da atividade, o professor abordou conceitos relacionados ao modelo atômico, ligações e reações químicas, efeito fotoelétrico, entre outros, sempre tentando fazer relações com aplicações do cotidiano dos alunos (como a mudança de cor de roupas deixadas a secar ao sol ou a presença de materiais utilizados no filtro solar). Além disso, os alunos puderam manusear um multímetro para realizar medidas de intensidade da corrente e de tensão elétrica, enquanto foram apresentados aos respectivos conceitos. Em outro momento, foram utilizados artefatos didáticos construídos com papelão para tentar explicar melhor a evolução do modelo atômico e os fenômenos físico-químicos envolvidos no funcionamento da célula solar criada. A figura 2 mostra alguns momentos fotografados durante as atividades, incluindo uma das células criadas pelos alunos e os artefatos didáticos utilizados.



Figura 2: Registro de atividades realizadas sobre o tema 2

2.1.3. O plano inclinado de Galileu e o carrinho de rolamentos

No primeiro ciclo de investigação, os alunos foram incentivados a ler um trecho de uma tradução da obra de Galileo Galilei, publicado originalmente em italiano com o título de "Discorsi e Dimostrazioni Matematiche intorno a due nuove scienze", em 1632. O trecho narra, entre outras coisas, o experimento do plano inclinado. Posteriormente, eles reproduziram o experimento utilizando materiais adaptados: um trilho metálico, bolas de tênis e de bilhar, além de uma garrafa PET com água e uma balança. Enquanto um aluno deixava a bola cair, outro deixava escorrer água para um recipiente que, posteriormente, era pesado em uma balança, conforme indicado por Galileu. O procedimento foi repetido 5 vezes, enquanto outro aluno anotava as medidas realizadas. A seguir, a bolinha foi deixada cair de uma altura equivalente à metade da altura anterior, repetindo o procedimento citado anteriormente por mais 5 vezes. A ideia era comparar os resultados para tentar chegar à mesma conclusão sobre o movimento de queda dos corpos, proposto no teorema II do livro: a distância percorrida por um corpo em queda livre é diretamente proporcional ao quadrado do tempo que ele leva para cair. Já no segundo ciclo de investigação a atividade inicial foi ajustada (por sugestão dos alunos que participaram no primeiro ciclo) para que o trecho de leitura fosse significativamente menor, englobando, apenas, a descrição do experimento do plano inclinado e a conclusão de Galileu. Além disso, o movimento de queda da bolinha foi filmado, para posterior análise.

Tanto no primeiro ciclo quanto no segundo, os alunos participaram da atividade seguinte: a construção de um carrinho, montado com alguns materiais reaproveitados, que pudesse ser usado pelos próprios alunos para descer uma estrada íngreme (uma ladeira). Eles puderam cortar madeira, furar, parafusar e montar o carrinho sob orientação de um professor com formação em engenharia mecânica. As figuras abaixo mostram algumas etapas do processo e o resultado. Já com o carrinho montado, puderam colocá-lo na pista, fazendo algumas filmagens.

No último dia de atividades, as filmagens do plano inclinado e do movimento do carrinho, foram analisadas utilizando o *software Tracker*, que permite analisar vídeos quadro a quadro para obter medidas relacionadas ao movimento dos objetos, e tem sido recomendado como um recurso facilitador no entendimento de conteúdos de física (Ribeiro *et al.*, 2021). Utilizamos para tentar calcular a velocidade dos objetos e comparar alguns gráficos gerados pelo aplicativo com os gráficos esperados de posição, velocidade e aceleração. Paralelamente, apresentaram-se aos alunos os conceitos de velocidade média, velocidade instantânea, movimento uniforme e movimento variado.

A figura 3 mostra alguns registros das atividades realizadas, incluindo a reprodução do experimento do plano inclinado, o processo de construção dos carrinhos, os carrinhos finalizados e a tela do aplicativo *Tracker* quando utilizado.



Figura 3: Registro de atividades realizadas sobre o tema 3

2.2. Teste de alfabetização científica básica simplificado

Os alunos participantes do projeto foram convidados a responder ao teste de alfabetização científica básica simplificado (TACB-S), um questionário contendo 45 questões onde os alunos poderiam optar por “verdadeiro”, “falso” ou “não assinalar resposta”. Este teste é derivado do *Test of Basic Scientific*

Literacy (TBSL) descrito inicialmente por Laugksch e Spargo, contendo 110 questões baseadas nos três eixos estruturantes da Alfabetização Científica postulados por Miller – o entendimento de conceitos, termos técnicos e científicos (eixo 1), o entendimento da natureza da ciência (eixo 2) e a compreensão referente ao impacto da ciência e da tecnologia sobre a sociedade (eixo 3) – tendo sido reduzido e validado (Vizzotto & Mackedanz, 2018; Vizzotto & Pino, 2020). O teste foi aplicado no início do 1º ciclo e no início e no final do 2º ciclo.

A tabela 1 apresenta os resultados de acertos dos alunos em cada ciclo. Alguns deles não repetiram os testes, razão pela qual alguns dados não estão apresentados na tabela.

Tabela 1. Comparação dos resultados dos alunos nos testes TACB-S.

Aluno	Percentagem de acertos dos alunos																				
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	Média	
Teste 01	56	58	62	62	40	49	69	47	62	24	67	56	62	33	51						53
Teste 02	40	58	62		78				44		71			53		53	51	60	78		59
Teste 03	71		64		69				42		69			60		62	60			87	65

Além de estatística descritiva, utilizamos testes estatísticos não paramétricos, executados utilizando a linguagem de programação R, para comparar os resultados dos alunos. Devido ao número baixo de alunos e considerando que não podemos adotar alguns dos pressupostos exigidos em testes paramétricos, optamos pelo teste de Wilcoxon (*Wilcoxon signed-rank test*), um teste não paramétrico frequentemente utilizado como alternativa ao teste t de Student, especialmente quando temos poucos dados, e que considera as diferenças entre as medidas relacionadas ou pareadas entre duas amostras, ou seja, o resultado de cada aluno é comparado com ele mesmo (Nascimento *et al.*, 2021). Também utilizamos o teste de Friedman, pois pode ser aplicado a 3 ou mais amostras pareadas. Por último, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis, uma alternativa ao teste de Friedman para lidar com dados faltantes, para comparar os resultados da tabela 1.

3. RESULTADOS

Dividimos esta seção em subtópicos, considerando as análises realizadas sobre os diferentes resultados coletados.

3.1. Análise dos resultados do TACB-S

Os dados parecem mostrar que, no geral, houve uma melhoria dos resultados dos alunos ao longo dos testes, pois em todas as comparações, houve uma melhoria da nota média dos resultados (53, 59, 65). Além disso, entre os 10 alunos que realizaram pelo menos dois testes (início/fim), 8 tiveram resultados melhores, 1 repetiu o resultado anterior e 1 piorou seu resultado.

Entretanto, os resultados dos valores de p encontrados nos testes estatísticos não são conclusivos a ponto de afirmar que há diferença entre os resultados dos alunos nos testes de alfabetização científica.

3.2. Análise dos questionários abertos

Utilizamos a análise de conteúdo (Bardin, 1977) para tentar identificar elementos presentes nas respostas dos alunos que possam estar associados aos eixos da alfabetização científica citados anteriormente.

Inicialmente podemos destacar que todos os alunos apresentaram esquemas (desenhos) satisfatórios para representar tanto o gramofone quanto o fonógrafo, alguns apresentando vista lateral e outros apresentando vista superior (figuras 4 e 5). Assim, podemos inferir que os esquemas produzidos pelos alunos demonstram uma relação com o eixo 1, considerando que, junto com as respostas produzidas, apresentam uma descrição do funcionamento do fonógrafo e do gramofone.

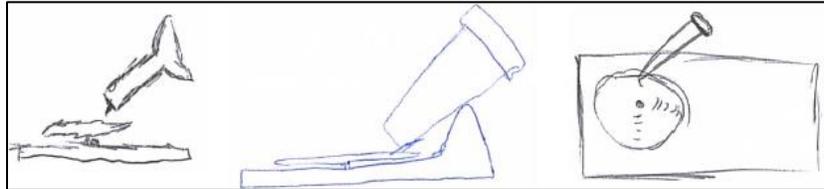


Figura 4: Esquema criado pelos alunos para representar o gramofone construído por eles.

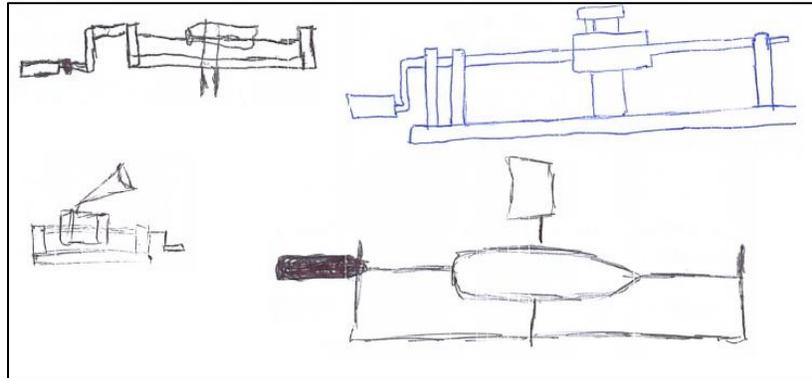


Figura 5: Esquema criado pelos alunos para representar o fonógrafo manuseado.

As respostas dos alunos sobre o funcionamento do fonógrafo indicam um entendimento limitado sobre conceitos técnicos e científicos relacionados à tecnologia de gravação e reprodução de som, e que conseguiram adquirir conhecimentos sobre alguns conceitos e termos científicos, além de avançar no entendimento da natureza da ciência através de questões sobre a história e evolução da tecnologia de áudio. Embora eles não mencionem diretamente a natureza da ciência no contexto do fonógrafo e do gramofone, sua descrição sugere que entendem que a tecnologia é um processo em constante evolução. Eles também foram questionados sobre o que gostaram da atividade, o que aprenderam e o que se poderia melhorar. Eles disseram que gostaram de aprender sobre o funcionamento dos primeiros equipamentos utilizados para gravar e reproduzir som, sobre características físicas do som (velocidade, frequência, timbre e potência) e, principalmente, das atividades mão na massa, considerando que poderiam incorporar mais elementos elétricos. A tabela 2 a seguir apresenta trechos das respostas dos alunos que podem ser associados aos eixos de Miller:

Tabela 2. Relação das respostas dos alunos com os eixos de Miller.

Respostas dos alunos	Relação com os eixos de Miller
Eixo 1	
"Passa uma agulha por buracinhos muito pequenos gerando umas vibrações específicas formando um som que foi gravado antes"	É feita referência ao conceito de vibração, que é um termo técnico usado nas ciências naturais.
"Gera vibrações por um cone que irá vibrar uma agulha fazendo buracinhos específicos"	
"A vibração faz com que o copo faça ondas irregulares"	
"Tem o conceito parecido com o do gramofone mas a diferença é que em vez de disco usa-se cilindros de argila"	Referem-se a diferentes formas de armazenamento do som no fonógrafo e no gramofone, indicando conhecimento sobre termos técnicos utilizados na tecnologia de gravação de som.
"...aprendi um pouco do conceito do gramofone e do fonógrafo"	Refere-se ao aprendizado sobre o funcionamento de equipamentos tecnológicos.
"Apenas queria achar um meio de fazer o som ser mais forte"	É feita referência ao conceito de intensidade sonora.
"Aprendi como faz e como funciona o fonógrafo e o gramofone, aprendi sobre a distância e a velocidade do som e da luz"	É feita referência aos conceitos de distância e velocidade.
Eixo 2	
"A diferença é que em vez de disco usa-se cilindros de argila"	Revela-se um entendimento de que a tecnologia utilizada para reproduzir o som foi evoluindo e se aprimorando e não era algo absoluto e imutável.
"A garrafa vai rodando e a agulha vai passando e vai falando e depois volta no mesmo lugar e vai saindo o som"	Revela um entendimento de que a tecnologia utilizada para reproduzir o som no passado era baseada em um processo mecânico, e não em tecnologias digitais como hoje.
"... aprendi sobre a distância e a velocidade do som e da luz"	A resposta indica uma diferenciação entre luz e som, uma separação de entidades de natureza diferente.
Eixo 3	
"Gostei muito de tudo, gostei de aprender como ouviam e sabiam escutar músicas até mesmo antes de nascermos e gostei de aprender também até quando podemos ouvir"	Nesta resposta, o aluno identifica indiretamente as formas pelas quais a tecnologia tem impactado a forma como os indivíduos ouvem música.

3.3. Análise dos *posters* produzidos

Nas suas produções os alunos apresentaram elementos relacionados aos três eixos de Miller citados anteriormente, como exemplificados a seguir:

Eixo 1: Dentre os conceitos apresentados nos *posters*, destacam-se as definições de energia renovável e energia solar. Alguns dos alunos também mencionaram as definições de energias não renováveis e exemplos de energias renováveis, demonstrando conhecimento de termos técnicos relacionados ao tema abordado.

Eixo 2: Embora os *posters* não apresentem informações explícitas sobre a natureza da ciência, é possível inferir que os alunos tiveram contato com uma abordagem científica ao pesquisarem sobre energias renováveis e energia solar. Eles utilizaram o método científico para coletar informações, fazendo uma pesquisa online, e apresentaram esses resultados de forma organizada e estruturada. Além disso, a

introdução de elementos visuais nos *posters*, como imagens e cores, sugere que os alunos entenderam que a ciência não é apenas um conjunto de fatos, mas também uma forma de comunicação e apresentação de ideias.

Eixo 3: Os *posters* apresentam algumas informações sobre as vantagens e desvantagens do uso de energias renováveis, o que pode ser considerado uma forma de refletir sobre o impacto da ciência e da tecnologia sobre a sociedade, apresentando uma preocupação com a sustentabilidade e a busca por alternativas energéticas mais eficientes e menos prejudiciais ao meio ambiente.

3.4. Análise dos *power points* produzidos

Os alunos foram divididos em 4 grupos de 3. Cada grupo deveria criar uma apresentação sobre as atividades realizadas nos diferentes temas, baseados em episódios da história da ciência e da tecnologia, a saber: desenvolvimento do fonógrafo e do gramofone (1); energia solar e célula fotoeletroquímica (2); experimento do plano inclinado de Galileu (3); construção do carrinho de rolamentos (4) (que está relacionado ao tema anterior). Entretanto, devido a contratempos, o grupo responsável pela apresentação 2 não conseguiu fazê-la.

O grupo 01 focou-se na apresentação das características e modo de funcionamento do fonógrafo e do gramofone, mencionando os seus inventores e o ano da invenção, inclusive utilizando imagens. Apresentaram, também, uma descrição das atividades realizadas, dos conteúdos e dos conceitos discutidos (incluindo circuitos elétricos, vibrações, frequência, timbre, intensidade sonora e velocidade do som), sem apresentar, contudo, uma discussão maior sobre estes conceitos, como mostrado nas imagens abaixo, retiradas da apresentação (figura 6):



Figura 6: exemplos retirados da apresentação dos alunos do grupo 01

O grupo 03 introduziu uma breve descrição de quem foi Galileu Galilei e, em seguida, apresentou uma descrição detalhada da atividade realizada visando reproduzir, de forma adaptada, o experimento do plano inclinado descrito por Galileu, incluindo um desenho feito por eles, a relação dos materiais utilizados e fotografias. Incluíram ainda um *slide* específico sobre o que julgaram ter aprendido com a realização da atividade, donde podemos inferir: desenvolvimento de habilidades digitais (*google drive* e apresentações), conteúdos de história da ciência e tecnologia (quem foi Galileu e suas contribuições para a ciência) e conteúdos sobre a natureza da ciência (incerteza, necessidade de repetição e utilização de ferramentas tecnológicas para obter resultados mais precisos nos experimentos). Abaixo evidenciam-se algumas imagens retiradas da apresentação (figura 7):



Figura 7: exemplos retirados da apresentação dos alunos do grupo 03

O grupo 04 ficou responsável por apresentar as atividades realizadas para construção de um carrinho construído com materiais reaproveitados. A ideia era de que essa atividade *maker* complementasse as atividades relativas ao plano inclinado de Galileu, com a gravação de vídeos que seriam analisados pelo *software Tracker* para subsidiar a discussão de conceitos relacionados ao movimento dos corpos rígidos, como deslocamento, velocidade e aceleração. Os alunos optaram por construir seus *slides* com pouco texto e muitas imagens, explorando a oralidade para descrever as atividades realizadas. Em seu relato é possível identificar que foram atividades lúdicas e divertidas, que contribuíram para desenvolver habilidades manuais (manuseio de ferramentas, montagem e desmontagem) e socioemocionais (colaboração e paciência), além de promover a discussão de conceitos de física (velocidade, deslocamento, movimento uniforme e variado). Abaixo mostram-se algumas imagens retiradas da apresentação (figura 8):



Figura 8: exemplos retirados da apresentação dos alunos do grupo 04

4. CONCLUSÕES

O Brasil e outros países têm apresentado currículos baseados no desenvolvimento de competências. Documentos oficiais apontam a necessidade de desenvolver o letramento científico, sugerindo atividades multidisciplinares que utilizem metodologias ativas. Abordagem STEAM inspiradas e contextualizadas em episódios ou temas da História da Ciência e da Tecnologia se apresentam como alternativa para implementar projetos interdisciplinares e transdisciplinares atrativos aos alunos, que os motiva, diverte e ensina.

Os resultados dos testes de alfabetização científica, juntamente com os resultados das análises dos questionários e das produções dos alunos, sugerem que houve uma melhoria do nível de alfabetização científica dos alunos. Através da análise de conteúdo também podemos inferir que a metodologia utilizada teve impacto positivo sobre os três eixos da alfabetização científica de Miller: entendimento de

conceitos, termos técnicos e científicos; entendimento sobre aspetos da natureza da ciência; e compreensão referente ao impacto da ciência e da tecnologia sobre a sociedade.

A análise de episódios históricos pode trazer um outro olhar para uma questão-problema, propiciando, de forma mais eficaz, a abordagem de conteúdos sobre a natureza da ciência, promovendo o desenvolvimento do pensamento crítico, motivando alunos que não tenham interesse em ciências e contribuindo para desenvolver outras habilidades e competências relacionadas à literacia científica.

Estudos futuros envolvem a análise de entrevistas e do relatório de atividades do investigador, bem como os dados referentes ao terceiro e último ciclo do projeto de investigação.

AGRADECIMENTOS

This work is financed by National Funds through FCT - Foundation for Science and Technology, I.P. under the projects UIDB/00194/2020 (CIDTFF).

REFERÊNCIAS

- Alves, A. M. (2006). *Conversão da energia solar em energia eléctrica no 3º ciclo do Ensino Básico* [Universidade de Aveiro]. <http://hdl.handle.net/10773/2572>
- Bacich, L., & Holanda, L. (2020). STEAM: integrando as áreas para desenvolver competências. In L. Bacich & L. Holanda (Eds.), *STEAM em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica* (1st ed., pp. 1–12). Penso.
- Bardin, L. (1977). *Análise de conteúdo*. Edições 70.
- Carvalho, G. S. (2009). Literacia científica: Conceitos e dimensões. In F. Azevedo & M. da G. Sardinha (Eds.), *Modelos e práticas em literacia* (1st ed., Vol. 1, pp. 179–194). LIDEL. <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/9695>
- Coutinho, C. P., Souza, A., Dias, A., Bessa, F., Ferreira, M. J., & Vieira, S. (2009). Investigação-acção: metodologia preferencial nas práticas educativas. *Psicologia Educativa e Cultura*, 13(2), 455–479. <http://hdl.handle.net/1822/10148>
- De Mayrinck, C., Rocha, L. A., Vitoreti, A. B. F., Vaz, R., Tartuci, L. G., Ferrari, J. L., & Schiavon, M. A. (2017). Célula solar de Grätzel: uma proposta de experimentação interdisciplinar. *Revista Virtual de Química*, 9(2), 717–728. <https://doi.org/10.21577/1984-6835.20170043>
- Gerolin, E. C., & Rosalen, M. S. (2014). Cidadania e ensino de ciências: questões para o debate. *Cadernos de Educação*, 13(27), 141–157. <https://doi.org/10.15603/1679-8104/ce.v13n27p141-157>
- Gohn, M. da G. (2020). Educação não formal: direitos e aprendizagens dos cidadãos (ãs) em tempo do coronavírus. *Humanidades & Inovação*, 7(7), 9–20. <https://revista.unitins.br/index.php/humanidadeseinovacao/article/view/3259>
- Leslie, C. (2014). Fostering innovation in STEM through the application of science and technology history. *2014 IEEE Integrated STEM Education Conference*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/ISECon.2014.6891033>

- Maduro, T. R. (2016). *Efeito de uma intervenção didática sobre células fotoeletroquímicas no conhecimento de estudantes de licenciatura: uma possibilidade para o ensino de ciências no ensino básico* [Universidade Federal do Espírito Santo]. <http://repositorio.ufes.br/handle/10/5329>
- Maia, D. L., Carvalho, R. A. de, & Appelt, V. K. (2021). Abordagem STEAM na educação básica brasileira: uma revisão de literatura. *Revista Tecnologia e Sociedade*, 17(49), 68–88. <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/13536>
- Martins, A. F. P. (2007). História e Filosofia da Ciência no ensino: Há muitas pedras nesse caminho... *Cad. Bras. Ens. Fís.*, 24(1), 112–131. <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6056>
- Matthews, M. R. (1995). História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 12(3), 164–214. <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7084>
- McComas, W. (2013). Uma proposta de classificação para os tipos de aplicação da história da ciência na formação científica: implicações para a pesquisa e desenvolvimento. In C. C. Silva & M. E. B. Prestes (Eds.), *Aprendendo Ciência e sobre sua natureza: abordagens históricas e filosóficas* (p. 562). Tipographia Editora Expressa.
- Ministério da Educação, B. (2018). Base Nacional Comum Curricular. In *Base Nacional Curricular Comum* (Issue 1). Fundação Carlos Alberto Vanzolini. <https://doi.org/10.26849/bts.v44i1.664>
- Morais, C., & Paiva, J. (2014). Olhares e reflexões contemporâneas sobre o triângulo sociedade-educação-tecnologias e suas influências no ensino das ciências. *Educação e Pesquisa*, 40(4), 953–964. <https://doi.org/10.1590/s1517-97022014121411>
- Moreira, M. A. (2018). Uma análise crítica do ensino de Física. *Estudos Avancados*, 32(94), 73–80. <https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0006>
- Nascimento, A., Venturine, C., Alves, J. D., & Alcantara, A. T. A. da R. B. (2021). Testes estatísticos: uma ferramenta importante em pesquisas quantitativas. In P. Sá, A. P. Costa, & A. Moreira (Eds.), *Reflexões em torno de Metodologias de Investigação: recolha de dados* (1ª edição, pp. 87–101). UA Editora. <https://doi.org/https://doi.org/10.34624/ka02-fq42>
- Nóvoa, A., & Alvim, Y. (2020). Nothing is new, but everything has changed: A viewpoint on the future school. *PROSPECTS*, 49(1–2), 35–41. <https://doi.org/10.1007/s11125-020-09487-w>
- Perignat, E., & Katz-Buonincontro, J. (2019). STEAM in practice and research: An integrative literature review. *Thinking Skills and Creativity*, 31(July 2018), 31–43. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.10.002>
- Pizarro, M. V., & Lopes Junior, J. (2017). Os sistemas de avaliação em larga escala e seus resultados: o Pisa e suas possíveis implicações para o ensino de ciências. *Ensaio Pesquisa Em Educação Em Ciências (Belo Horizonte)*, 19(0), 1–24. <https://doi.org/10.1590/1983-21172017190119>
- Pugliese, G. O. (2020). Um panorama do STEAM education como tendência global. In L. Bacich & L. Holanda (Eds.), *STEAM em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica2* (1st ed., pp. 13–28). Penso.
- Ribeiro, J. J. K., Venturine, C., Leite, P. R., & Brandão, L. K. R. (2021). Potencialidades de um experimento didático de física por videoanálise: estudo de caso no Instituto Federal do Espírito

Santo - campus São Mateus. *Relatos de Investigação e Práticas de Ensino de Ciências e Tecnologia - Atas Do Encontro Internacional "A Voz Dos Professores de C&T" (VPCT 2020)*, 466–475. https://vpct.utad.pt/?page_id=74

- Rodrigues, A. V. (2016). *Perspetiva Integrada de Educação em Ciências: Da teoria à prática* (1st ed.). UA Editora. <http://hdl.handle.net/10773/15416>
- Serrão, L. F. S., Jr., R. C., Conrado, A. L., Cury, F., & Lima, A. L. D. (2016). A experiência de um indicador de letramento científico. *Cadernos de Pesquisa*, 46(160), 334–361. <https://doi.org/10.1590/198053143498>
- Silva, F. R. da, & Neves, M. C. D. (2018). A educação científica CTS no contexto do ensino integrado. *Retratos Da Escola*, 12(22), 101. <https://doi.org/10.22420/rde.v12i22.788>
- Venturine, C., & Malaquias, I. (2022). História da ciência , educação STEAM e literacia científica : possíveis intersecções. *História Da Ciência e Ensino: Construindo Interfaces*, 25, 196–208. <https://doi.org/https://doi.org/10.23925/2178-2911.2022v25espp196-208>
- Vizzotto, P. A., & Mackedanz, L. F. (2018). Teste de alfabetização científica básica: processo de redução e validação do instrumento na língua portuguesa. *Revista Prática Docente*, 3(2), 575–594. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.23926/RPD.2526-2149.2018.v3.n2.p575-594.id251>
- Vizzotto, P. A., & Pino, J. C. Del. (2020). O Uso Do Teste De Alfabetização Científica Básica No Brasil: Uma Revisão Da Literatura. *Ensaio Pesquisa Em Educação Em Ciências (Belo Horizonte)*, 22, 1–24. <https://doi.org/10.1590/1983-21172020210116>