

Lata falante: protótipo didático de transmissor eletromagnético com microfone piezoelétrico

Talking can: didactic prototype of an electromagnetic transmitter with a piezoelectric microphone

Tiago Desteffani Admiral  ^{1*}

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, programa de mestrado MNPEF.

*E-mail: tdesteffani@gmail.com

Recibido el 26 de junio de 2024 | Aceptado el 24 de septiembre de 2024

Resumo

Este artigo descreve a construção, e a aplicação em sala de aula, de um protótipo experimental, de baixo custo, que converte ondas mecânicas em ondas eletromagnéticas, e as transmite de forma que podem ser captadas por um aparelho de rádio. O protótipo foi desenvolvido a partir de materiais alguns materiais reciclados e utiliza-se de um transdutor piezoelétrico como atuador principal no alto falante. O protótipo, entre outros experimentos, foi utilizado em uma intervenção numa turma de alunos do sexto e sétimo ano de uma escola pública estadual, nas aulas de uma disciplina eletiva de robótica. A intervenção se fundamentou na perspectiva da experimentação investigativa, e na negociação de significados, em que os conceitos e seus significados são compartilhados ao longo da intervenção. Como resultados obtidos destacou-se a praticidade e funcionalidade do protótipo e, em relação aos resultados de aprendizagem, verificou-se indícios claros de aprendizagem significativa, além de relatos que evidenciam um aumento significativo na motivação dos estudantes após a intervenção.

Palavras chave: Ensino de física; Circuitos simples; Transmissor FM; Experimentação.

Abstract

This article describes the construction and classroom application of a low-cost experimental prototype that converts mechanical waves into electromagnetic waves and transmits them in a way that can be received by a radio device. The prototype was developed using some recycled materials and employs a piezoelectric transducer as the main actuator in the speaker. Among other experiments, the prototype was used in an intervention with a group of sixth and seventh-grade students from a state public school during elective robotics classes. The intervention was based on the perspective of investigative experimentation and the negotiation of meanings, wherein concepts and their meanings are shared throughout the intervention. The results highlighted the practicality and functionality of the prototype, and regarding learning outcomes, clear evidence of significant learning was observed, along with reports indicating a substantial increase in student motivation following the intervention.

Keywords: Physics teaching; Simple circuits; FM transmitter; Experimentation.

I. INTRODUÇÃO

A presença da experimentação nas salas de aula tem ganhado cada vez mais atenção dos pesquisadores em ensino de ciência, em particular na área de física. A física possui uma rica dimensão experimental, capaz não apenas de ilustrar os conceitos teóricos, mas também de despertar o interesse e a curiosidade científica dos alunos (Ferreira, 2023). De acordo com o relato das autoras (Carvalho e Sasseron, 2015), a abordagem experimental investigativa pode propiciar o desenvolvimento de uma série de habilidades desejáveis nos alunos. Primeiramente está diretamente relacionada

com a habilidade de exercer o julgamento crítico sobre situações cotidianas, a partir da observação. Ao assumir uma posição investigativa o aluno se coloca na posição de destaque na construção de seu conhecimento, sendo guiado pelo professor para sistematizar os conhecimentos de maneira formal (Carvalho e Sasseron, 2015).

Para além dessa experiência podemos encontrar vários trabalhos na literatura (Almeida e Malheiro, 2019; Gonçalves e Goi, 2017; Bassoli, 2014, Moreira 2008). que corroboram contribuem com várias experiências positivas utilizando a abordagem experimental, cada qual com a narrativa similar em termos de benefícios da abordagem para o enriquecimento do conhecimento e melhora da dinâmica dentro da sala de aula. Em especial no que diz respeito à participação ativa dos estudantes, e o fomento às discussões e negociação de significados (Vygotsky, 1978; Driver, R., Asoko, H., & Leach, J., 1994). Uma das dificuldades existentes no âmbito das propostas experimentais em sala de aula é a falta de estrutura física e equipamentos, adequados para as atividades experimentais. Nesse sentido a literatura vem apontando possibilidades de propostas de baixo custo e fácil acesso, que têm permitido mais experiências didáticas no ambiente escolar (Moura, *et. al.* 2019).

O esforço para incentivar o estudo das ciências, desde os anos iniciais, é justificado, em parte, pelo desempenho do Brasil nas avaliações de grande abrangência (Brasil, 2022). que demonstram que o nível de conhecimento dos alunos está muito aquém do desejado. Obviamente toda avaliação possui um limite para o que consegue realmente avaliar, sempre há um recorte, ou um contexto avaliativo, restrito e/ou incompleto, entretanto não se pode ignorar um resultado tão abaixo da média em uma avaliação de larga escala. Outra justificativa válida para embasar estudos envolvendo o ensino de física está nos indicadores que mostram que (Chaves, 2024). o curso de física é o curso com maior índice de evasão do Brasil e, conseqüentemente, está entre os cursos que em um futuro próximo apresentarão maior déficit de profissionais. Esse quadro preocupante está em parte relacionado com as condições de trabalho, porém, considerando que as condições de trabalho são semelhantes às demais licenciaturas, o fator da disciplina em si acaba sendo decisivo. Dessa forma criar um ambiente mais agradável para as aulas de física, aumentando o interesse dos alunos pela disciplina, pode criar melhores expectativas em relação à carreira docente no futuro.

Tendo isso em vista nosso trabalho relata uma experiência com alunos do ensino fundamental, baseada numa proposta experimental investigativa, de baixo custo, e com objetivo de promover a aprendizagem significativa. Utilizando materiais acessíveis como papel alumínio e papelão, trabalhou-se com os alunos conceitos básicos de circuitos elétricos culminando com o uso do protótipo da lata falante que consiste em um equipamento que converte o som em ondas eletromagnéticas, transmitindo-as de forma que podem ser captadas por um *reciever* FM, um aparelho qualquer de rádio. A sessão seguinte descreve a explicação passo a passo do procedimento de montagem do protótipo, posteriormente a seção resultados e discussões traz resultados dos testes experimentais do protótipo, bem como os resultados de aprendizagem em forma de relato de experiência.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais necessários para a construção do protótipo são:

- 01 Lata metálica (lata de leite em pó ou similar);
- 01 Transdutor piezoelétrico;
- Bateria 3.7V (ou três pilhas 1.5V);
- 01 Capacitor 2.2uF/50V;
- 01 Resistor de 3900Ω;
- 01 Resistor de 1000Ω;
- 01 Resistor de 68Ω;
- 01 Resistor de 4700Ω;
- 01 Transistor BC547;
- 01 Capacitor cerâmico de 10nF;
- 01 Capacitor cerâmico de 100nF;
- 02 Capacitor cerâmico de 4.7pF;
- 20cm de fio de cobre 1mm (178 AWG);
- Ferro de solda e fluxo de solda.

Os materiais apresentados na lista apresentam custo baixo, ou inexistente em caso de aproveitamento. Podem ser facilmente encontrados em equipamentos eletrônicos de sucata, ou comprados por um preço bem acessível em lojas especializadas. O diagrama eletrônico de montagem do circuito pode ser visto na figura 1.

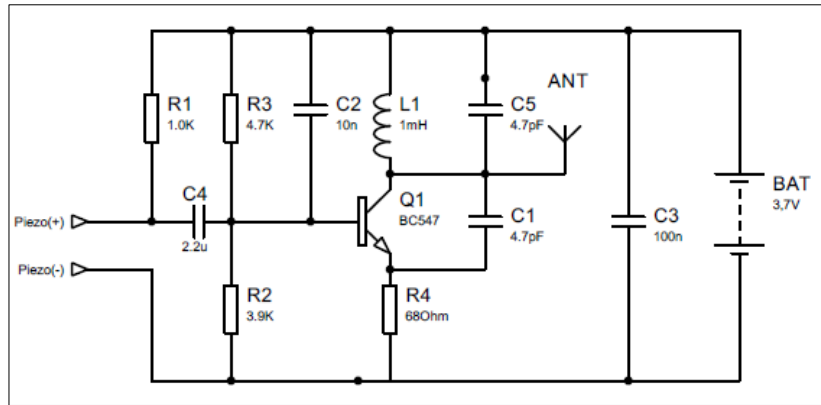


FIGURA 1. Diagrama elétrico do circuito do protótipo.

Para confecção do circuito podemos proceder com a solda direta dos componentes, uns aos outros, ou mesmo utilizar uma placa de circuito impresso para que o circuito apresente maior estabilidade. Em nosso caso foi utilizada uma placa de fenolite e os circuitos foram soldados de forma permanente na placa, como mostra a figura 2.

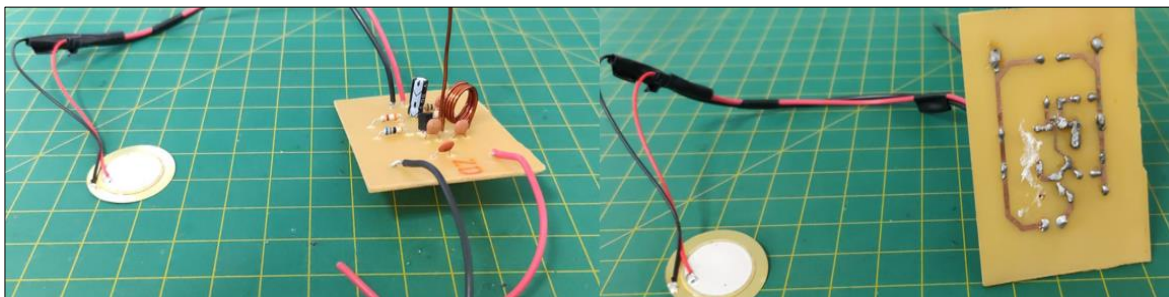


FIGURA 2. À esquerda a face dos componentes da placa, à direita a face da solda. Em ambas imagens podemos ver o transdutor piezoelétrico e as conexões de alimentação.

Originalmente este circuito foi utilizado por estar disponível na internet de forma aberta e gratuita. Porém, na ocasião da execução do projeto não havia disponível o microfone de eletreto. Foi então que, a partir de testes realizados, o microfone foi substituído pelo transdutor piezoelétrico que pode ser visto na figura 2. Mais detalhes sobre a construção do circuito podem ser encontrados no vídeo¹ que indica o passo a passo para a montagem, ressaltando-se que, em nosso caso, o microfone de eletreto foi substituído pelo transdutor piezoelétrico.

O transdutor piezoelétrico é um dispositivo que, ao receber uma deformação mecânica em sua estrutura, responde gerando uma diferença de potencial (ddp) entre partes específicas do material (Admiral, 2022). Com essa propriedade, esse dispositivo é amplamente utilizado para aplicações nas quais é necessário converter uma vibração mecânica em um sinal elétrico (Admiral, 2022).

A escolha da utilização do transdutor piezoelétrico, associada à lata, possui algumas justificativas, uma delas é abordar a física envolvida na propagação sonora, que é um conhecimento necessário para que se compreenda com clareza o princípio de funcionamento do dispositivo. A outra razão pela qual a escolha da lata é vantajosa, pois mostra que podemos aproveitar diversos tipos de objetos e materiais para confecção de protótipos se soubermos explorar suas propriedades físicas. Outro aspecto importante é a ludicidade que está incluída no uso da lata, podendo ser associada ao telefone de copos, brinquedo muito popular no passado. Por fim a lata também se mostrou um substituto adequado na ausência do microfone de eletreto.

Cabe ressaltar que o microfone de eletreto consiste em um pequeno componente cuja função é transformar a vibração proveniente de uma onda sonora em um sinal elétrico variável. Para tanto ele consiste em um diafragma (que é a parte que vibra ao receber a onda sonora), que está em contato com uma pequena lâmina de eletreto que, por sua vez é conectada ao coletor de um transistor de efeito de campo (FET). A oscilação do diafragma, que vibra a uma frequência igual à do som captado, controla a oscilação elétrica do FET, esse sinal elétrico, quando amplificado, pode ser interpretado como o “som recebido”.

¹ Tutorial de montagem do circuito disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=DtA1EHVfs0&t=474s>

Após feita a soldagem dos componentes de acordo com a figura 1, o circuito deve ser alimentado com uma bateria de 3,7V, entretanto a alimentação pode ser feita com uma ddp de até 4,5V. Opcionalmente podem ser utilizadas três pilhas convencionais (AA) em série, entretanto para que a transmissão ocorra de forma adequada as pilhas devem estar em boas condições de carga para uma alimentação com pouca queda de tensão.

Por fim o transdutor piezoelétrico deve ser colado no fundo da lata. Para o procedimento é aconselhável cortar um pedaço de papel e colocá-lo entre a lata e o transdutor para não haver contato direto, e para a fixação pode ser utilizada uma fita isolante comum, o resultado final do arranjo é mostrado na figura 3.



FIGURA 3. Protótipo montado.

Na figura 3 temos os três elementos básicos do circuito acoplados à lata, em cima temos a placa de circuito, que foi colada com fita dupla face. No lado direito temos a alimentação feita por uma bateria de 3,7V e no fundo da lata é possível ver a fita que prende o transdutor piezoelétrico.

III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A. Resultados experimentais obtidos nos testes

O princípio de funcionamento do microfone piezoelétrico é relativamente simples, ao reproduzir um som na abertura da lata, as ondas mecânicas ressoam em seu interior, fazendo com que haja uma vibração mecânica no fundo da lata. O transdutor, que está preso ao fundo da lata, responde criando uma ddp oscilante equivalente à frequência mecânica de vibração.

Para a realização dos testes, colocamos uma caixa de som para reproduzir um som de 440Hz de frequência em frente a abertura da lata, e para verificar o sinal obtido foi utilizado um *osciloscópio FNIRSI-1014D*, como pode ser visto na figura 4.

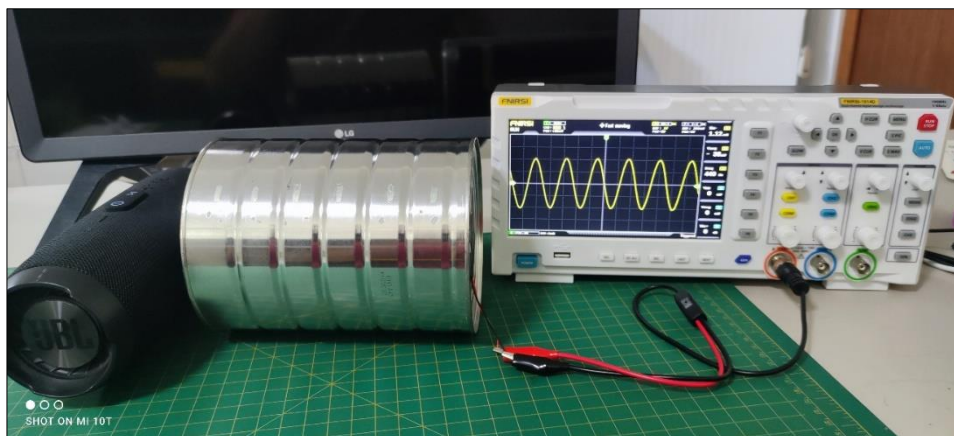


FIGURA 4. Sinal elétrico gerado pelo transdutor piezoelétrico, proveniente do som da caixa, sendo mostrado no osciloscópio.

Durante os testes verificou-se que a lata funcionou de forma adequada como uma câmara de ressonância, de acordo com a equação 1, utilizada para determinar as frequências de ressonância em um tubo com uma extremidade fechada foi estimada a frequência de ressonância da lata.

$$f_n = \frac{n \cdot v}{4L} \quad (1)$$

Em que n é o modo harmônico (ordem), v representa a velocidade do som e L é o comprimento (altura) da lata. Utilizando as medidas das dimensões da lata, com o auxílio da equação 1, estimamos uma frequência fundamental de ressonância de 255Hz, conseqüentemente os harmônicos de ordem superior ($n=2,3,4...$) também ressoam com amplitude significativamente maior em relação às demais frequências.

Esse fato causou certa instabilidade verificada durante as transmissões realizadas para testes. Isso ocorreu porque ao captar uma música, por exemplo, temos a presença de múltiplas frequências sonoras, portanto isso faz com que a lata responda de forma mais acentuada às frequências próximas de sua frequência natural (e harmônicos de ordem superior), o que causa uma instabilidade no sinal emitido e, conseqüentemente, recebido pelo rádio. Entretanto essa característica não inviabilizou a utilização do equipamento, apenas fez com que a qualidade do som captado fosse um pouco menor que o esperado.

Em relação ao alcance, os testes realizados nos permitem afirmar que o sinal, sem barreiras, é recebido por um rádio comum a pilha, até uma distância de, aproximadamente, cinco metros. Além dessa distancia o sinal apresentou muita instabilidade.

B. Resultados de aprendizagem

O público alvo do trabalho se constituiu de uma turma de 15 alunos, de sexto e sétimo ano do ensino fundamental, de uma escola pública estadual, para se referir aos mesmos cada aluno foi nomeado de A1 até A15, na ordem alfabética. O momento utilizado para a inserção da pesquisa foi o espaço da disciplina eletiva, nessa disciplina os alunos escolhem, dentro de algumas possibilidades oferecidas, qual tipo de disciplina querem estudar. Essa disciplina é oferecida nos tempos adicionais de aula, como complementação de carga horária letiva, para abordar assuntos que geralmente não são trabalhados nas disciplinas regulares, ou por falta de tempo, ou por conta da prioridade imposta aos componentes básicos. Em nossa pesquisa os alunos estavam matriculados na disciplina eletiva de robótica.

Praticamente a totalidade dos alunos apresentava idade adequada na ocasião da aplicação da proposta, que se constituiu em uma aula prática investigativa, de duas horas de duração. Os alunos eram provenientes das regiões ao redor da escola, que se localiza na periferia de uma cidade de médio porte. Embora os alunos tenham se matriculado nessa modalidade, especificamente, uma pesquisa inicial, feita de maneira verbal, indicou que os alunos consideraram que essa opção de disciplina era mais interessante que as outras oferecidas, por isso o motivo da escolha.

No primeiro momento os alunos foram questionados sobre o que é robótica, quais seriam seus conceitos prévios sobre o assunto. A principal estratégia didática utilizada foi a problematização dos conceitos, de forma investigativa, para fazer com que os alunos discutissem sobre suas ideias prévias ou, ainda, seus conhecimentos subsunçores. De acordo com (Honorato, et. al. 2018). o conhecimento subsunçor é aquele que ancora os demais conhecimentos construídos e, através dos processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, os novos conhecimentos vão sendo construídos na estrutura cognitiva do aluno. O processo de diferenciação progressiva é aquele no qual a estrutura cognitiva do aluno é continuamente refinada e expandida à medida que novos conceitos são aprendidos e diferenciados dos anteriores, ao passo que a reconciliação integrativa é o processo pelo qual o aluno integra novos conceitos de forma que eles não apenas se encaixem na estrutura cognitiva existente, mas também a modifiquem e melhorem sua organização (Agra, et. al., 2019).

Justamente para conhecer um pouco sobre os conhecimentos subsunçores dos alunos, ao serem questionados sobre o que vem a ser robótica não obtivemos respostas bem estruturadas, alguns alunos arriscaram algo sobre utilizar robôs ou algo similar. Pouco a pouco durante a discussão foi ficando claro que o termo “robótica” evoca conhecimentos disciplinares sobre engenharia mecânica, elétrica e programação, por exemplo. De acordo com Moreira (2008). a estratégia de compartilhar o vocabulário científico de forma clara, bem como os significados dos mesmos, é chamada de negociação de significados (Driver, R., Asoko, H., & Leach, J. 1994). Neste processo o professor deve estar atento para ouvir o aluno, perceber quais são os significados que eles atribuem aos termos, e conduzir a dinâmica da aula para que o professor e o aluno “falem a mesma língua”.

De acordo com Moreira (2008). não é aconselhável que o professor se utilize do vocabulário científico sem antes se certificar que o aluno compartilha dos mesmos significados. Tomando como exemplo a palavra “escalar”, temos que na física ela representa a propriedade de um tipo de grandeza física, ao passo que fora do contexto científico o significado do mesmo termo é atribuído a um verbo, que significa a ação subir, chegar ao topo. Dessa forma a estratégia de começar perguntando aos alunos se baseia na necessidade de estabelecer um arcabouço equivalente de significados, aos mesmos termos.

Entre os conceitos fundamentais trabalhados destacou-se o conceito de circuito. Foi formada uma roda de conversa sobre o significado da expressão. Nesse momento os alunos foram perguntados sobre em qual circunstâncias já haviam ouvido falar da palavra circuito. Entre as respostas destacaram-se três.

A3: *Circuito de exercícios na academia*

A4: *Circuito elétrico*

A5: *Circuito tipo de corrida*

No momento foi abordado que tudo que os alunos disseram sobre circuito estava, de certa forma, correto. Utilizando uma cartolina e um pincel, o professor desenhou no chão um caminho fechado, ilustrando um circuito automobilístico, como o que foi citado por A5, o momento é mostrado na figura 5.



FIGURA 5. Roda de conversa e explicação sobre circuitos.

O momento em que o circuito foi desenhado no chão, mostrado na figura 5, se constituiu como um momento de descontração na turma pois, como pode ser visto na figura, o professor precisou se colocar entre os alunos e, posteriormente pediu que eles ajudassem sugerindo direções e formatos para o circuito. A partir de então a discussão se encaminhou para descobrir o que em comum tinha nos três exemplos dados pelos alunos. Até que culminou no entendimento que o circuito seria um caminho, ou percurso, fechado. Foi reforçado que a diferença básica entre os exemplos dados pelos alunos era a natureza do circuito, o primeiro se referia a uma sequência de exercícios físicos específicos, que se repete com o tempo, o circuito elétrico é um caminho condutor pelo qual flui corrente elétrica e o terceiro um caminho pelo qual os automóveis devem percorrer. Nesse momento o conceito ficou claro para os alunos.

Aqui nesse momento ficou claro que os alunos compreenderam de forma clara quais as possíveis interpretações e significados poderiam ser atribuídas à expressão “circuito”. Cabe ressaltar que durante a aplicação o processo de negociação de significados foi se tornando natural para os alunos. A partir de certo ponto eles também percebem como funciona essa dinâmica. De acordo com Moreira (2008), o aluno passa a se colocar numa postura em que precisa interagir, precisa participar para que a aula funcione e para que ele consiga entender o que está sendo abordado de forma significativa, de acordo com o autor:

O ensino requer reciprocidade de responsabilidades, porém aprender significativamente é uma responsabilidade do aluno que não pode ser compartilhada pelo professor. Para aprender significativamente, o aluno tem que manifestar uma disposição de relacionar, de maneira não-arbitrária e não-litera, à sua estrutura cognitiva, os significados que capta dos materiais educativos, potencialmente significativos, do currículo. (Moreira, 2008, p. 10)

Para reforçar o conceito de circuito que gostaríamos de aprender mais sobre, o circuito elétrico, posteriormente a esse momento foi realizada uma experiência simples com papel alumínio, LED e duas pilhas AA. Com uma tesoura foi recortada uma fina tira de papel alumínio, e com uma fita adesiva, foi fixada no papelão, formando um caminho retangular fechado, com um LED em série com as pilhas AA. Antes de ligar todos elementos no circuito o professor perguntou aos alunos: O que vai acontecer se eu ligar essas pilhas aqui? Será que vai acender a luz?

A4: *Vai acender*

A5: *Vai acender fraquinho*

Os alunos A4 e A5 foram bem enfáticos para emitir suas opiniões, mas os demais também verbalizaram que o LED iria acender. Após ligar a bateria, e verificar que o LED estava realmente aceso, o professor perguntou: Mas e se eu tirar o papel alumínio daqui e deixar só papelão, acende? Nesse momento foi como uma explosão de vozes em uníssono, afirmando que não. Nesse momento foi incluída na discussão. Embora fique óbvio que a presença do alumínio é o que faz com que o evento ocorra, o professor quis ir mais a fundo e fazer com que os alunos pensassem mais sobre a natureza do alumínio. Para isso o professor perguntou: Mas o que tem no papel alumínio que faz ele conseguir acender a luz?

A8: *Porque passa a radiação*

A5: *Porque tem alumínio*

Entre outras respostas inaudíveis, os alunos A8 e A5 se destacaram em suas afirmações. De acordo com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, os alunos tendem a encaixar em sua estrutura cognitiva um novo conhecimento, ou entendimento, em suas estruturas pré-existentes, ancorando o conhecimento em um subsunçor. A aluna A8 claramente tentou buscar um conhecimento mais próximo que ela tinha para adequar ao novo evento que estava diante dela. Entretanto, após ouvir a resposta de A5, a aluna acabou concordando com ele, expressando isso verbalmente. Aproveitando a fala do aluno A5 o professor explicou que para se formar um caminho pelo qual a corrente elétrica possa percorrer com facilidade, é preciso que esse caminho seja composto de um tipo de material específico, um metal. Vale ressaltar que, de acordo com Villani (2003), é desejável que o aluno seja incentivado a exercer a argumentação durante a aula. De acordo com o autor o ato de argumentar mobiliza habilidades importantes que ajudam a organização do conhecimento do aluno, ao precisar articular suas ideias.

Após esse momento discutiu-se um pouco mais sobre materiais condutores e materiais não condutores. Durante essa discussão os alunos foram questionados sobre quais materiais seriam ou não bons condutores de eletricidade, ao serem questionados sobre isso obtivemos diversas respostas satisfatórias (quase simultaneamente) indicando que os alunos estavam atentos acompanhando a discussão. Como exemplo, quando um dos alunos mencionou que o papel não é um bom condutor o professor fez uma breve ilustração, em forma de demonstração prática. Dobrando-se um pequeno pedaço de papel, e enrolando-o em um formato cilíndrico o professor enfiou o papel no buraco da tomada, mostrando aos alunos que mesmo havendo uma diferença de potencial elétrico ali, o material não era capaz. Obviamente foi aconselhado que os alunos não repitam o experimento com nenhum tipo de material. Nesse momento, aproveitando o assunto que estava sendo abordado, foi explicado aos alunos que a medida da dificuldade que a corrente elétrica percorra o condutor é chamada de resistência elétrica. Para formalizar o conceito um circuito simples foi desenhado no quadro para ilustrar formalmente sua simbologia e, ao mesmo tempo, resistores reais foram dados para que os alunos pudessem manusear e conhecer de forma tátil.

No outro momento, para exemplificar um circuito, e mostrar que cada circuito possui uma função específica, o professor mostrou aos alunos o circuito da lata falante (figura 3). Curiosos com a estrutura diferente do protótipo, que inclui uma lata metálica, o professor perguntou aos alunos se eles já conheciam um brinquedo chamado telefone de copos. O brinquedo consiste, basicamente, em dois copos interligados por meio de um barbante acoplado ao fundo de cada um deles, como mostra a figura 6.



FIGURA 6. Telefone de copos. Fonte: <https://br.pinterest.com/pin/572309065155689394/>

Apenas um dos alunos, A13, conhecia o brinquedo, então foi explicado aos alunos como era o brinquedo, como era feito e como era utilizado. Baseado nisso o professor perguntou como o som era transmitido de um copo até o outro. Os alunos não conseguiram elaborar uma resposta bem estruturada sobre isso, uns apenas arriscaram que tinha algo a ver com o barbante entre eles.

Usando essa referência, assumindo também que o conhecimento prévio dos alunos não seria o suficiente para que eles deduzissem seu modo de funcionamento, o professor então explicou de forma simplificada os princípios físicos fundamentais envolvidos na transmissão do som. O conceito mais frisado foi a vibração mecânica no fundo do copo, o que pôde ser verificado pelos alunos de forma tátil. Ao falar na abertura da lata o professor pediu que os alunos colocassem a mão no fundo para sentirem a vibração no fundo da lata.

De acordo com Correia e Brito (2022), a utilização de materiais manipuláveis nas aulas pode favorecer de forma significativa o engajamento dos alunos, e sua motivação para participação das atividades. Em nossa aplicação ficou evidente a vontade dos alunos em tocar nos dispositivos e sentir de forma tátil a vibração do fundo da lata, tanto que a aula só prosseguiu depois que todos tiveram a chance de tocar no protótipo.

Esse diálogo foi tomado para que os alunos conseguissem compreender melhor o que era o protótipo, qual era a função da lata, do componente colado no fundo dela, e qual era a função do circuito eletrônico. Então cada parte do protótipo foi sendo compreendida, separadamente, de acordo com suas funções. Para culminar a explicação o dispositivo foi ligado e começou a transmitir (um som distinto de estática) ao rádio, como pode ser visto na figura 7.



FIGURA 7. Demonstração do protótipo da lata falante.

Depois de fazer uma analogia com a propagação das vibrações no fundo dos copos, foi fácil os alunos compreenderem a função do transdutor piezoelétrico no fundo da lata. Obviamente o princípio detalhado de funcionamento do circuito em si não pudesse ter sido explorado completamente, por conta de vários outros conceitos envolvidos, os alunos conseguiram reconhecer os principais componentes do circuito, e compreenderam a sua função essencial que é de receber o sinal do transdutor e transformá-lo em uma onda eletromagnética de frequência específica. Relações de aprendizado que estão de acordo com as relações estabelecidas durante o processo de aprendizagem, como preconiza (Driver, R., Asoko, H., & Leach, 1994).

A partir desse momento os alunos demonstraram muito interesse em utilizar o transmissor, quase que como uma diversão, para testar como suas vozes soavam quando emitidas pelo protótipo e recebidas pelo rádio. De acordo com (Buldu, 2023), o aprendizado se torna mais interessante na medida em que existe uma aplicação prática que chame a atenção dos alunos. Nesse aspecto, dadas as afirmações dos alunos, foi perceptível a surpresa e a curiosidade dos mesmo em entender como era possível que suas vozes estivessem sendo transmitidas para o rádio. Aproveitando essa curiosidade o professor abordou alguns aspectos básicos, como diferença entre ondas mecânicas e eletromagnéticas, dado o interesse dos alunos no tema.

Ao ouvirem sobre a característica da onda eletromagnética, que pode atravessar objetos sólidos, os alunos fizeram por conta própria uma série de testes verificando, por exemplo, se estivessem do outro lado da porta o protótipo funcionaria, ou se um aluno ficando em pé entre o protótipo e o rádio afetava a transmissão. Isso reflete a postura investigativa assumida pelos alunos, se sentindo curiosos sobre o funcionamento do dispositivo.

Embora a avaliação dos conceitos tenha sido feita durante as discussões, ao longo da aplicação, na parte final da intervenção o professor fez as perguntas iniciais (sobre robótica e circuitos) obtendo uma melhora significativa em relação à utilização de termos mais adequados para conceituar as respostas. Como resultado complementar da intervenção podemos destacar o efeito de longo prazo na motivação dos alunos, nas semanas posteriores, nos momentos das aulas eletivas, foi relatado pela professora da disciplina que vários alunos começaram a trazer suas próprias ideias de projetos para desenvolvimento em sala de aula, como podemos ver na figura 8.

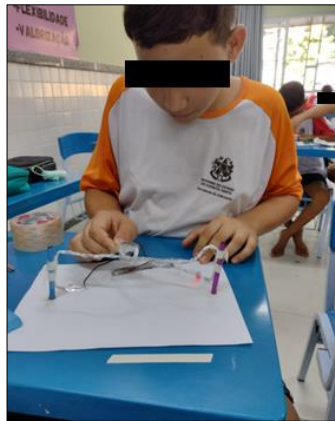


FIGURA 8. Alunos desenvolvendo projetos independentes.

Na figura 8 podemos ver um aluno que trouxe o projeto conhecido como “labirinto elétrico”, no qual o objetivo é passar um pequeno aro, circunscrito num trilho, sem que se faça contato entre eles. Em caso de contato um circuito elétrico é fechado, indicando que o participante errou, o sinal indicativo usualmente é um som, mas também pode ser uma luz. No caso do aluno mostrado na figura ele utilizou os mesmos materiais que foram apresentados na pesquisa, mas fez uma adaptação para o brinquedo do labirinto.

Esse foi apenas um dos exemplos, outros alunos também trouxeram materiais para construção de maquetes e de um carrinho sustentável, sem que fosse solicitado. O projeto do carrinho sustentável trazido pelo aluno A11, por exemplo, previa a utilização de materiais plásticos recicláveis, e não possuía nenhum componente eletrônico. Esse fato chama a atenção pelo fato de que indica que o aluno compreendeu que para a criação de um projeto de robótica não necessariamente é preciso que haja eletrônica envolvida, no sentido mais amplo da expressão. Isso pode ser considerado um indicativo de que o objetivo inicial, que consistia em ensinar conceitos básicos de física e motivar os alunos, foi atingido.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Remontando os objetivos do trabalho que consistiam em descrever a construção e aplicação de um protótipo de baixo custo, e utilizá-lo para trabalhar conceitos básicos de física de forma significativa, tomando por base as informações apresentadas neste relato, podemos mencionar aqui alguns pontos que indicam que obtivemos êxito no trabalho.

Em relação à construção do protótipo destacamos que os resultados dos testes da lata como câmara de ressonância, para substituir o microfone de uma forma alternativa, foram bem claros em mostrar que o sinal produzido pelo transdutor piezoelétrico se mostrou eficiente para amplificar as ondas sonoras ressoando no fundo da lata. Em relação ao alcance o equipamento se mostrou adequado para finalidades didáticas, dentro de uma sala de aula típica.

Em relação aos eventos narrados no aspecto de aprendizado, destacaram-se a participação massiva dos alunos bem como os indicativos de aprendizado demonstrados ao longo da aplicação. De forma complementar observou-se um aumento na motivação dos alunos, embora se constitui como um aspecto avaliativo intangível, se tornou perceptível na perspectiva do pesquisador vários depoimentos e ações dos alunos apontando nessa direção. Além da participação verbal elevada durante a aplicação, complementarmente os alunos também tiveram a iniciativa de criar suas próprias ideias de projetos e testar outras alternativas, baseado no conhecimento provido pela intervenção.

A utilização do protótipo da lata falante fez com que os alunos despertassem sua curiosidade acerca de como funcionam os circuitos elétricos, e a transmissão de ondas eletromagnéticas. O que propiciou uma maior facilidade em trabalhar conceitos fundamentais de elementos de um circuito simples, indiretamente favorecendo o aprendizado e a negociação de significados de conceitos chave de física como, resistência e corrente elétrica, por exemplo.

REFERÊNCIAS

Admiral, T.D. (2022). Aula experimental remota: determinação do coeficiente de restituição utilizando Arduino. *Revista de Enseñanza de la Física*, 34(1). Disponível em: <http://www.scielo.org.ar/pdf/redef/v34n1/2250-6101-redef-34-01-81.pdf> acesso em 25 de Julho de 2024.

Almeida, W.N.C., malheiro J.M.S. (2019). A experimentação investigativa como possibilidade didática no ensino de matemática: o problema das formas em um clube de ciências. *Experiências em Ensino de Ciências*, 14(1), 391-405.

Agra G, Formiga N.S., Oliveira P.S., Costa M.M.L., Fernandes M.G.M., Nóbrega M.M.L. (2019). Analysis of the concept of Meaningful Learning in light of the Ausubel's Theory. *Rev Bras Enferm*. Disponível em: <https://www.scielo.br/jj/reben/a/GDNMjLjgvzSJktWd9fdDs3t/?lang=pt&format=pdf> acesso em 25 de julho de 2024.

Bassoli F. (2014). Atividades práticas e o ensino-aprendizagem de ciência(s): mitos, tendências e distorções. *Ciência & Educação* (Bauru), (20), 579-93.

Brasil, (2022). Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, INEP. Resultado do Pisa 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/assuntos/noticias/acoes-internacionais/divulgados-os-resultados-do-pisa-2022>. Acesso em 21 de Junho de 2024.

Buldu, M. (2023). Science Learning in Playful Learning Environments: A Study from US Early Childhood Classrooms. *e-Kafkas Journal of Educational Research*, 10(2), 225-234. <https://doi.org/10.30900/kafkasegt.1296810>.

Carvalho, A. M. P., Sasseron, L. H. (2015). Ensino de física por investigação: referencial teórico e as pesquisas sobre as sequências de ensino investigativas. *Ensino em Re-Vista*, 22(2), 249-266. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/emrevista/article/view/34452/18275>. Acesso em 26 de junho de 2024.

Chaves, L. R. (2024). Crise nos programas de licenciatura. *Revista eletrônica pesquisa FAPESP*, São Paulo. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/crise-nos-programas-de-licenciatura/>. Acesso em 21 de Junho de 2024.

Driver, R., Asoko, H., & Leach, J. (1994). Creating a context for teaching and learning about scientific concepts. *Research in Science Education*, 24, 115-125.

Ferreira, A. C. (2023). Experimentação no ensino de Física: enfoque no processo de ensino e aprendizagem. *Revista de Iniciação à Docência*, 8(1).

Gonçalves R.P.N., Goi M.E.J. (2017). A experimentação investigativa no ensino de Ciências na Educação Básica. *Rev Debates em Ens Quím*, 4(2), 207-21.

Honorato, C. A., Dias, K. K. B., Dias, K. C. B. (2018). Aprendizagem Significativa: uma Introdução à Teoria. *Mediação*, Pires do Rio - GO,13(1), 22-37.

Moreira, M. A. (2008). Negociação de significados e aprendizagem significativa. *Ensino, Saúde e Ambiente*, 1(2), 2-13.

Moura, F. A. Costa, B. C. Freire, G. M. (2019). O Ensino de Física através de atividades investigativas sobre a Primeira Lei de Newton. *Research, Society and Development*, 8(7).

Villani C. E. P. e Nascimento S. S. (2003). A Argumentação e o Ensino de Ciências: Uma Atividade Experimental no Laboratório Didático de Física do Ensino Médio. *Investigação em Ensino de Ciências*, 8(3), 187-2093.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press.