

ENSINO DE FÍSICA POR INVESTIGAÇÃO: USANDO ARDUINO COMO FERRAMENTA EDUCACIONAL

Physics teaching by investigation: using arduino as educational tool

TIAGO DESTÉFFANI ADMIRAL

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Campus Centro, Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física
tdesteffani@gmail.com

Resumo: dada a necessidade constante de compreender melhor as maneiras de aplicação de novas tecnologias em sala de aula, este artigo tem por objetivo apresentar uma experiência bem-sucedida de ensino de física por investigação, utilizando-se de ferramentas tecnológicas como o Arduino. A situação problema do trabalho foi como desenvolver um sistema capaz de controlar, de forma autônoma, a temperatura de um aquário mantendo a mesma dentro de uma faixa entre 23 °C e 27 °C. A pesquisa foi desenvolvida com a aplicação de uma Sequência Didática Investigativa (SEI) de cinco aulas, com alunos do terceiro ano do curso de Ensino Médio Integrado, em informática, e, além dos conhecimentos desenvolvidos com os alunos, esta gerou um protótipo funcional que foi apresentado na feira de ciências da instituição.

Palavras-chave: Ensino de Física. Arduino. Sequência Didática Investigativa.

Abstract: *given the constant need to better understand the ways of applying new technologies in the classroom, this article aims to present a successful experience of teaching physics by research, using technological tools such as Arduino. The problem situation of the work was the development of a system can autonomously controlling the temperature of an aquarium, keeping it within a range between 23 °C and 27 °C. The research was developed with the application of Research Didactic Sequence of five classes, with students of the third year of the high school course integrated to computer science and, in addition to the knowledge developed with the students, generated a functional prototype that was presented at the science fair of the institution.*

Keywords: *Physics Teaching. Arduino. Teaching for Investigation.*

1 INTRODUÇÃO

Na literatura, encontramos diversos trabalhos que apontam para a importância das aulas práticas e aplicações tecnológicas no ensino de física (AGUIAR; LAUDARES, 2001; ALVES; AMARAL; NETO, 2002; BARBETA; YAMAMOTO, 2002; GOBARA; ROSA; PIUBÉLI, 2002; TOBIN, 2011, YAMAMOTO; BARBETA, 2001)

Essa necessidade é fundamentada, principalmente, pela quantidade de recurso aos quais os alunos têm contato. Mesmo em instituições escolares que não possuem laboratórios específicos para desenvolvimentos de aulas práticas, existem opções excelentes para realizar experimentos dentro de sala de aula, com equipamentos de baixo custo e com precisão mais que suficiente para finalidades didáticas. Um exemplo de tais recursos é o Arduino.

O Arduino é um controlador lógico programável podendo, portanto, ser conectado a sensores. Os sensores são dispositivos sensíveis a determinadas grandezas físicas e químicas e, quando expostos a variações dessas grandezas, respondem com a variação de alguma grandeza eletricamente mensurável, como resistência elétrica, corrente ou voltagem, por exemplo. O Arduino é o dispositivo que lê essas mudanças e, a partir de um código previamente programado, responde com alguma ação podendo, por exemplo, controlar um relê para acionar uma carga.

A justificativa da escolha dessa ferramenta tecnológica específica nesta pesquisa é dada por alguns fatores. Em primeiro lugar, o Arduino é um equipamento bem acessível e barato. Em segundo lugar, os alunos participantes, por serem alunos do curso integrado em informática, já possuíam algum conhecimento prévio que tornasse viável o manuseio do hardware e da programação dessa ferramenta. A terceira vantagem é que o Arduino é extremamente versátil, podendo ser utilizado com vários tipos de sensores simultaneamente. Os sensores são muito baratos e, na maioria das vezes, bem precisos. Existem relatos na literatura (CORDOVA; TORT, 2016) que demonstram precisão de 0,1% em determinados tipos de medições utilizando o Arduino.

Existem diversos estudos na literatura que apontam a necessidade de aprimoramento do processo de ensino, em especial com a sugestão da estratégia investigativa. De acordo com Carvalho e Sasseron (2016, p.250), é ainda muito comum encontrarmos professores com uma visão muito simplista em relação ao ensino. De acordo com as autoras:

Ensinar física envolve mais do que desafiar as ideias prévias dos alunos e substituí-las por teorias mais consistentes do ponto de vista científico; é necessário que os estudantes vejam algum sentido no conjunto de teorizações, que compreendam a Física como uma forma diferente de pensar e falar sobre o mundo (CARVALHO e SASSERON, 2016, p. 250).

As autoras afirmam, ao longo do trabalho, que o ensino por investigação possui potencial para ajudar a solucionar o problema identificado. Além disso, elas defendem a ideia de que se desejamos que os alunos aprendam ciências e, também, que eles aprendam sobre ciências e sua estrutura, temos a necessidade de planejar as aulas centradas nos problemas e nos fenômenos físicos, e não centradas apenas nos conceitos.

Norteados por esses princípios, a pesquisa ora apresentada consistiu em acompanhar os alunos

durante uma Sequência Didática Investigativa (SEI) de cinco aulas, as quais tinham como propósito inicial resolver um problema - desenvolver um protótipo capaz de controlar, de forma autônoma, a temperatura da água de um aquário dentro de uma faixa de temperatura entre 23 °C e 27 °C e - e trabalhar um conjunto de conhecimentos físicos específicos, como calor, temperatura, voltagem e corrente elétrica. Durante a descrição dos encontros com os alunos fica bem claro que não foi apresentado um roteiro e nem que tenham sido dadas instruções específicas sobre como resolver o problema, de forma que todo o desenvolvimento do projeto se deu pela interação dos alunos, orientados pela mediação do professor e partindo de um pressuposto investigativo.

As informações para a coleta e análise dos dados foram obtidas por gravações de áudio, fotografias e anotações, durante o desenvolvimento da SEI. Para a análise dos dados foi utilizada a análise de conteúdo de forma a compreender, da melhor maneira possível, o impacto da SEI no aprendizado dos alunos.

2 METODOLOGIA

A pesquisa possui caráter qualitativo e o grupo participante foi composto por 14 alunos do terceiro ano do Ensino Médio Integrado, em informática, sendo cinco do sexo feminino e nove do sexo masculino, com idade entre 15 e 18 anos. Por razões de privacidade, os alunos não serão identificados pelos nomes, apenas por códigos que variam de A1, até A14.

A postura de pesquisa qualitativa se justifica neste trabalho devido à natureza da amostra e dos dados que serão analisados (BOGDAN e BIKLEN, 1994). E a análise dos dados coletados durante as aulas será realizada por meio da análise de conteúdo (BARDIN, 2011).

2.1 Estrutura da SEI

A Sequência Didática Investigativa é a estruturação organizacional de uma sequência de aulas, com certo propósito, que possui características investigativas. Neste trabalho adotaremos a definição elaborada por (CARVALHO, 2013):

Nesse contexto teórico é que propomos as sequências de ensino investigativas (SEIS), isto é, sequência de atividades (aulas) abrangendo um tópico do programa escolar em que cada atividade é planejada, do ponto de vista do material e das interações didáticas, visando proporcionar aos alunos: condições de trazer seus conhecimentos prévios para

iniciar os novos, terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico e adquirindo condições de entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores. (CARVALHO, 2013, p.9)

Nesse sentido, as atividades da SEI foram divididas em cinco aulas, uma por semana, e a estrutura está resumida na Tabela 1, a seguir:

Tabela 1 - Estrutura da SEI

Aula	Objetivos	Atividades Desenvolvidas
1	Apresentar o problema inicial e motivar os alunos a participarem do projeto	Exibição de vídeos sobre projetos de eletrônica e robótica. Definição do problema a ser resolvido, controlar a temperatura do aquário.
2	Obter conhecimentos prévios	Apresentação do Arduino, levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos. Fornecimento de componentes simples para que os alunos executem projetos básicos.
3	Fomentar a investigação e desenvolvimento das ideias próprias dos alunos	Reunião para discussão sobre quais as formas de executar o projeto. Discussão dos grupos mediada pelo professor.
4	Aquisição de conhecimentos específicos de física	Momento específico de aula, para sanar as dúvidas e consolidar conhecimentos emergentes do encontro anterior.
5	Construção do protótipo	Reunião para montagem final do protótipo a ser apresentado na feira de ciências.

Fonte: Autor

O grupo de 14 alunos que participou da pesquisa estava ciente de que as aulas, que foram no contra turno e exclusivas para esse grupo, seriam ministradas para a finalidade de produção de um protótipo que seria apresentado na feira, entretanto, não sabiam qual seria esse protótipo. Na primeira aula foram apresentados alguns vídeos¹ aos alunos, com a finalidade de motivá-los ainda mais com um estímulo interessante sobre tecnologia.

Após a exibição dos vídeos foi proposta pelos próprios alunos a situação problema, que era manter controlada a temperatura de um aquário. A situação problema não foi imposta pelo professor, mas emergiu da conversa dos próprios participantes. Moreira (2003) explica que, baseado na teoria de Vygotsky, uma situação problema compartilhada por um grupo é uma situação ideal para estimular a interação dos indivíduos e, automaticamente, o aprendizado.

¹ <https://www.youtube.com/watch?v=b05MZVpZWZ0>

No segundo encontro com os alunos, o professor dividiu os participantes em três grupos, dois de cinco alunos e um de quatro alunos, e distribuiu a cada grupo kits diferentes de componentes. Essa ação foi tomada com a finalidade de descobrir os conhecimentos prévios dos alunos, bem como suas habilidades para desenvolvimento de projetos simples. Para cada grupo foi atribuída uma tarefa diferente, sendo que todas deveriam ser realizadas fora do tempo da aula, em casa ou na escola, nos intervalos das aulas. O grupo que recebeu o sensor de temperatura, por exemplo, ficou encarregado de desenvolver um projeto simples, no qual apenas deveria configurar o Arduino para realizar leitura de temperatura do ambiente, sem que fosse necessária a realização de qualquer outra tarefa.

Dessa forma, os alunos se engajaram em descobrir as funcionalidades, limites e possibilidades de partes específicas do projeto. Essa etapa, além de fomentar ainda mais a motivação dos alunos, foi planejada para fazer os alunos perceberem as variações das grandezas físicas envolvidas nesses processos tecnológicos e, em contrapartida, precisarem entender melhor sobre a natureza dessas grandezas físicas.

Na semana seguinte aconteceu o terceiro encontro, o qual teve como objetivo confrontar as ideias que cada grupo tinha sobre a realização do projeto. Como cada aluno agora conhecia uma parte específica do projeto, o momento da discussão foi muito rico, pois cada grupo teve que explicar ao outro de que forma funcionava seus equipamentos. Por exemplo, o grupo que estava com o módulo “relê” teve que explicar ao grupo que estava com as “fontes de alimentação” do que iria precisar, e explicaram, entre outras coisas, a razão pela qual não poderiam utilizar uma fonte de voltagem e corrente elétrica única no projeto.

Ao fim do terceiro encontro, os próprios alunos haviam chegado a um acordo sobre o que precisariam para concluir o projeto, bem como concordaram em adicionar alguns detalhes que antes não haviam sido considerados. No momento da junção dos grupos aconteceu o que esperávamos, começaram a aparecer as dúvidas sobre conceitos específicos de física.

O quarto encontro foi na semana seguinte e, aproveitando-se da inquietação dos alunos, o professor iniciou o encontro com algumas explicações para as dúvidas que os alunos não conseguiram sanar satisfatoriamente por conta própria. Foram diversos conceitos abordados nessa aula, desde calor

e temperatura, passando por corrente elétrica, voltagem e resistência elétrica, até condutibilidade térmica e gradiente de temperatura.

No último encontro, os alunos finalmente montaram todo o equipamento e realizaram os testes, sendo este o momento pelo qual eles esperavam desde o início, na aplicação do conhecimento que obtiveram de maneira espontânea desde o início da SEI. Durante a montagem do protótipo, os alunos se depararam com algumas dificuldades de ordem prática, entretanto, conseguiram superar pesquisando por conta própria e buscando informações.

3 DESENVOLVIMENTO

Os resultados preliminares sobre os conhecimentos prévios dos alunos foram relativamente simples de serem detectados. Logo no segundo encontro, a interação com os alunos revelou que o conhecimento prévio sobre o equipamento a ser utilizado era, a princípio, insuficiente. A Figura 1 mostra o encontro com um grupo de alunos.

Figura 1 - Segundo encontro, apresentação dos componentes do Arduino.



Fonte: Autor

Logo no início da reunião, os alunos fizeram alguns questionamentos que evidenciaram lacunas de conhecimento, as quais foram aproveitadas para trabalhar conteúdos específicos de física. Logo no

início da reunião, o professor mostrou uma fonte chaveada de 12V e 10A para realizar a conexão com o Arduino. Antes de fazê-lo, o professor fez a seguinte pergunta:

P: "Pessoal, eu tenho essa fonte aqui para ligar o Arduino, ela pode fornecer 12V e 10A, vocês acham que ela danifica o Arduino se eu ligar nele direto?"

O intuito dessa pergunta era confrontar os conceitos de diferença de potencial e corrente elétrica dos alunos. Embora a diferença de potencial elétrico (ddp) da fonte fosse 12V, o parâmetro da corrente fornecida depende necessariamente da resistência elétrica do equipamento ao qual ela será conectada. Diante da pergunta, os alunos responderam todos no mesmo sentido:

A4: "Não vai poder ligar porque 10 ampères vai queimar o Arduino"

Todos alunos afirmaram categoricamente que a fonte não poderia ser utilizada, entretanto, todos eles fizeram uma suposição equivocada de que a corrente não dependeria de mais nada, que independente do que estivesse ligado a ela, a corrente seria de 10A. E como eles já tinham conhecimento prévio de que a placa do Arduino trabalha com correntes da ordem de miliampères, ele iria ser danificado.

Identificando esse conceito equivocado, sem apontar a princípio esse erro, o professor pergunta então o que poderia ser feito para poder ligar o Arduino utilizando essa fonte. De imediato, dois alunos respondem:

A8: "A fonte é muito forte, tem que colocar um resistor antes"

Outro aluno responde, complementando:

A9: "Coloca um resistor para cair a corrente"

Nesse ponto, a partir de um questionamento mais insistente, percebemos a incorporação de um conceito físico para explicar um fenômeno. Entretanto, ainda não explicava satisfatoriamente a questão da corrente elétrica, e nesse momento o professor fez outra pergunta:

P: "Qual vocês acham que é a corrente máxima que a rede de energia elétrica pode fornecer? Imagina

na sua casa, onde seu videogame está ligado direto na tomada, você acha que a corrente elétrica nele é tudo que a rede pode fornecer?

Ao ouvirem a pergunta, os alunos ficaram pensativos e logo concordaram todos que a corrente elétrica de funcionamento de um videogame, embora não soubessem dizer qual era, com certeza não seria o máximo que pode ser fornecido na rede elétrica. A partir daí começaram a fazer as conexões com a situação em que estávamos analisando:

A8: "Então quando liga alguma coisa a corrente já cai sozinha mesmo"

Este aluno foi interrompido por outro, que complementou:

A5: "Então já tem resistência no próprio aparelho"

A partir daí os alunos perceberam, por conta própria, o engano que estavam cometendo, e então fizemos a ligação com sucesso do Arduino, bem como fizemos os primeiros testes dos sensores. Esse tipo de abordagem, centrada em funcionamento de sensores, já foi utilizada com sucesso por outros autores como Rocha (2013).

O terceiro encontro seguiu a dinâmica de discussão dos dois primeiros, sendo que cada grupo de alunos já havia levado um conjunto de equipamentos para casa para aprender o básico por conta própria. Todos grupos haviam feito pesquisas e procuraram na internet por instruções e conhecimentos que os possibilitaram compreender bem a funcionalidade dos sensores. Carvalho (2013) preconiza que as atividades investigativas devem estimular os alunos a buscarem as soluções por conta própria, orientados pelo professor. Ainda nesse encontro, os alunos tiveram a ideia de adicionar ao projeto um dispositivo alimentador automático, um pequeno servo motor que girava, uma vez ao dia, deixando cair um pouco de ração de peixe através de uma abertura na tampa do aquário. Como os alunos contavam com total autonomia, o dispositivo foi incluído na versão final do projeto.

Durante esse encontro foi discutido como seria a estruturação do protótipo. Vários temas foram colocados em discussão, sendo que um deles foi o posicionamento dos sistemas de aquecimento e resfriamento. Os alunos tinham pesquisado que uma faixa de temperatura desejável para o bem

estar dos peixes de aquário estaria entre 23 °C e 27 °C , para tanto, eles idealizaram um sistema de esfriamento e aquecimento com células *peltier*. Uma placa *peltier* consiste, basicamente, em um dispositivo que funciona como um transferidor de calor, e, ao ser percorrida por uma corrente elétrica, uma placa *peltier* desloca o calor de uma face para outra.

Na prática, uma face fica muito resfriada e outra muito aquecida, entretanto, o calor da face que tem maior temperatura deve ser retirado com um cooler para não danificar a placa. Essa pastilha é amplamente utilizada em equipamentos de resfriamento de água de pequeno porte, tais como alguns bebedouros.

A idéia inicial era de fixar duas placas *peltier* em uma das faces laterais do aquário, entretanto, durante as discussões diversas questões foram levantadas pelos alunos.

A2: *"Como vamos fazer para prender as placas no lado do aquário?"*

A4: *"Acho que vai esquentar mais um lado do que outro."*

Todos os questionamentos se deram nesse mesmo sentido, até que um dos alunos sugeriu colocar as placas, lado a lado, ambas no fundo do aquário, sendo: uma com a face quente encostada no fundo do aquário e outra com a face fria encostada no fundo do aquário, e cada uma desempenhando o papel de aquecer ou resfriar dependendo da necessidade. Uma pergunta que surgiu pelos próprios alunos foi também respondida por eles: um deles perguntou se a água no fundo do aquário não iria ficar mais quente, e os outros prontamente responderam que, devido à sua densidade menor, a água quente naturalmente iria tender a se deslocar para cima.

Vários conceitos físicos, além dos que foram citados aqui, foram abordados em explicações ao longo dos encontros, mas foi somente na quinta reunião que foi dada uma aula expositiva sobre vários temas. A aula teve seu foco na explicação dos fenômenos físicos que tinham relação direta com o projeto, por isso foram abordados os assuntos de acordo com o apresentado na Tabela 2, a seguir:

Tabela 2 - Relação entre os fenômenos observador e os conceitos físicos

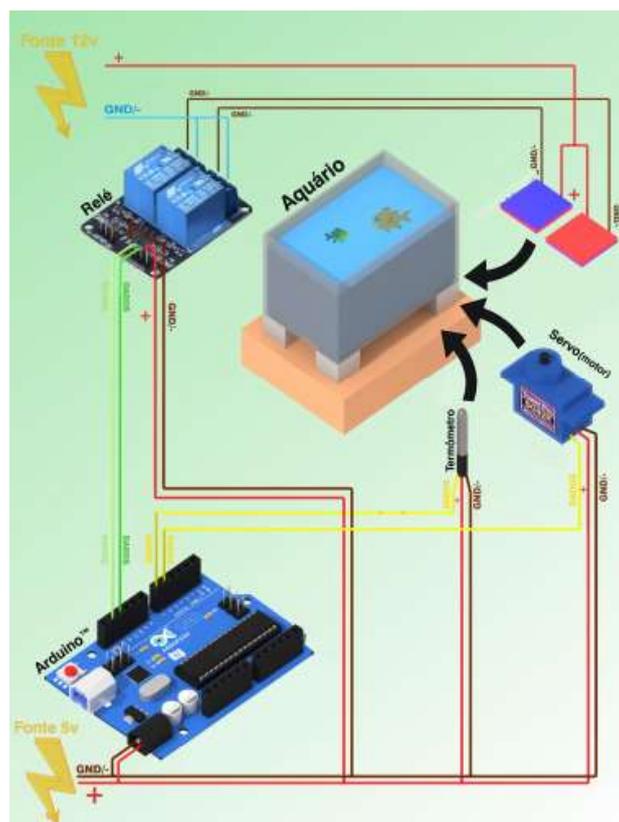
Fenômeno	Relação com projeto	Conceitos físicos
Aquecimento/Resfriamento da água	Placas <i>peltier</i>	Condução de calor, Lei de Fourier

Queima de resistores	Alimentação dos componentes	Voltagem, resistência elétrica e corrente elétrica e potência elétrica
Tempo de aquecimento	Placas peltier, timing do relê	Calor específico, quantidade de calor
Leitura de temperatura	Posição do sensor de temperatura	Gradiente de temperatura

Fonte: Autor

Dessa forma, o professor foi capaz de ressignificar uma grande gama de conteúdos, sendo que os alunos compreenderam os conceitos não apenas pela definição, mas através de sua relação com algum fenômeno por meio de uma aplicação tecnológica. Após a aula, o último encontro consistiu em montar todo equipamento e realizar os testes. Um diagrama resumido do protótipo é mostrado na figura 2 abaixo:

Figura 2: Esquema de ligação final do protótipo



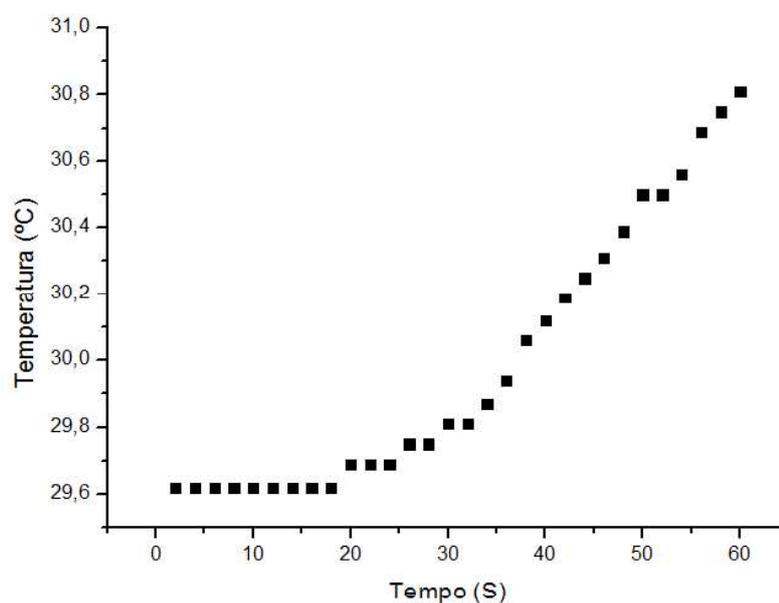
Fonte: Autor

A estrutura de funcionamento do protótipo que está mostrada na figura 2 funciona com sensor de temperatura (*Dallas ds18b20*) submerso na água para monitorar a temperatura, sendo que a placa do Arduino (Uno) faz a leitura desse valor e então toma duas ações: se a temperatura estiver abaixo

de 23 °C, o Arduino aciona um dos relês, que por sua vez aciona a placa *peltier* (HTC 40-06-15.4) cuja face quente está em contato com o fundo do aquário para aumentar a temperatura da água; já se a temperatura estiver acima de 27 °C, o Arduino aciona outro relê, que liga a outra placa *peltier* que está com a face fria encostada no aquário, resfriando a água. Foram utilizadas duas fontes, uma fonte de 5V 1A para alimentar o servomotor, o sensor de temperatura e o módulo relê, e outra de 12V 10A para alimentar exclusivamente as pastilhas *peltier*. Adicionalmente, o protótipo também conta com um servomotor (*Tower 9g*), que é acionado com angulação pré-determinada uma vez ao dia para alimentar os peixes de dentro do aquário.

Foram realizados testes no equipamento com a finalidade de ajustar as variáveis da programação. O gráfico 1 mostra os dados obtidos num teste, no qual vemos a evolução da temperatura da água com o tempo durante um minuto de aquecimento:

Gráfico 1 - Teste realizado para determinação de tempo de aquecimento



Fonte: Autor

Com base na análise do gráfico 1, consideramos a quantidade de calor dissipada pela placa e a quantidade de água a ser aquecida, levando em consideração também a pequena variação de temperatura desejada, e, através disso, estimamos que o tempo médio de aquecimento total não deveria exceder três minutos. Obviamente que isso, mantidas as condições similares às do teste.

Os dados do gráfico 1 foram coletados usando a informação em tempo real fornecida pelo sensor *Dallas ds18b20*, através de comunicação serial de forma análoga a (DWORAKOWSKI, 2016). Após concluídos os testes, finalmente foi montada a estrutura final. A figura 3 mostra o equipamento montado e em funcionamento:

Figura 3: - Protótipo funcionando, visor LCD foi adicionado para mostrar uma mensagem de boas vindas apenas no dia da apresentação



Fonte: Autor

A figura 3 foi uma foto tirada quando o equipamento foi montado para ser apresentado na feira de ciências da instituição. A feira na qual o projeto foi apresentado se chama “Semana do saber fazer”, é aberta à comunidade, recebe a visitação de alunos de diversas escolas de Ensino Fundamental e Médio da região e tem duração de três dias. Os próprios alunos se dividiram em equipes de três, cada uma para um dia e um turno, para apresentarem o projeto. O professor presenciou as primeiras apresentações dos grupos, com a finalidade de observar a coerência das explicações dos alunos, além de suas posturas durante a apresentação. O resultado foi bem além do esperado, visto que os alunos demonstraram grande desenvoltura e empolgação para explicar o projeto nos mínimos detalhes diante de turmas de visitação, com cerca de 30 pessoas por vez. Percebeu-se que os alunos pesquisaram informações extras para proferir suas apresentações, fato que indica fortemente que o empenho para o aprendizado foi muito satisfatório.

Impressionou a riqueza de detalhes das explicações dos alunos, mencionando inclusive as dificuldades encontradas durante a execução do projeto. Embora não tenha sido objetivo dessa pesquisa, se compararmos a postura dos mesmos alunos durante a apresentação de um seminário durante a disciplina, é visível a impressionante mudança de atitude quando se trata da apresentação de algo criado por eles.

3.1 Representações dos alunos

Após o ciclo de três dias de apresentação, os alunos participantes foram convidados a responder um questionário, no qual tinham perguntas relacionadas com aspectos de conteúdo da física, tecnologia e sobre suas experiências durante o projeto.

Ao serem perguntados se já haviam participado de algum projeto envolvendo especificamente a área de física, química ou biologia, todos alunos responderam que não. Isso evidenciou que os alunos, mesmo estando em uma instituição reconhecidamente de qualidade, ainda não tinham tido a oportunidade de trabalhar conteúdos a partir de projetos.

Ao serem perguntados sobre quais conteúdos da física eles tiveram que compreender melhor para executar o projeto, eles responderam de formas bem distintas. Em geral, podemos classificar as respostas em três grupos: os que citaram predominantemente conteúdos sobre calor e temperatura; os que citaram predominantemente conteúdos sobre eletricidade; e os que citaram igualmente ambos. De acordo com Bardin (2011, p. 147), a categorização é ação primordial para análise, podendo ser pautada no critério da homogeneidade da amostra. Essa divisão era, em certa medida, esperada, visto que os alunos tiveram que lidar com partes diferentes do projeto durante o planejamento do mesmo.

Um exemplo das falas dos alunos:

A3: "Tive que aprender que o calor se propaga de baixo pra cima por causa da diferença da densidade"

Esta fala do aluno demonstra que, de acordo com a análise proposicional do discurso (BARDIN, 2011 p. 235), ele condiciona claramente a execução da tarefa que lhe foi dada à compreensão de um fenômeno cuja explicação está relacionada a um conceito físico. Nas outras respostas dos alunos,

mesmo nos de outros grupos, é muito comum encontrarmos o aspecto fenomenológico ocupando uma posição de destaque na construção das respostas.

Continuando, agora, com a resposta de um aluno do outro grupo:

A9: "Tinham várias coisas que não sabia, principalmente na hora de calcular a corrente elétrica dos equipamentos"

No mesmo sentido da resposta anterior, o aluno A9 condiciona o cálculo da corrente elétrica como uma condição necessária para a execução do projeto. Por fim, temos mais uma resposta do outro grupo:

A8: "Foi legal porque entendi como que a corrente elétrica criava o calor na plaquinha, e daí como se espalhava depois"

Percebemos, através de outros depoimentos semelhantes, que os alunos, em sua totalidade, foram capazes de relacionar satisfatoriamente um fenômeno com a grandeza física relacionada a ele. A ênfase ao destacar essa habilidade é dada pelo fato de que não foi dito aos alunos, a princípio, essas relações. Eles se apropriaram dos significados dos fenômenos e suas relações com os conceitos através da investigação, por conta própria.

Além dos aspectos conceituais, os alunos também foram questionados sobre sua experiência durante a apresentação do projeto na feira, assim, quando perguntados sobre qual foi a experiência mais marcante na apresentação obtivemos diversos depoimentos semelhantes a este, dado pela aluna A10:

A10: "Todas as partes foram importantes, mas a apresentação foi uma das mais marcantes, pois ver como as pessoas ficavam admiradas era muito bom"

Os alunos, logo no início, por não terem tido muito contato com a execução de um projeto assim, se mostraram admirados com os vídeos apresentados durante o primeiro encontro. Entretanto, quando já estavam apresentando o projeto final já tinham percorrido um caminho de aprendizado que lhes permitiu se apropriarem do conhecimento tecnológico, fato pelo qual praticamente todos alunos citaram com surpresa o fato dos visitantes da feira ficarem tão impressionados com o projeto.

Em outros depoimentos aparecem também menções ao processo inteiro, no qual destacam ter sido divertido e de muito aprendizado.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Retomando os objetivos iniciais, tendo em vista todo o trabalho desenvolvido com os alunos, podemos avaliar que tanto os conhecimentos específicos, temperatura, calor, voltagem e corrente elétrica, quanto outros conhecimentos acerca de eletrônica foram incorporados pelos alunos com sucesso.

A prática se mostrou bem acessível, interessante aos alunos e agregadora do ponto de vista experiencial. A vivência de construir um dispositivo idealizado por eles mesmos, bem como apresentá-lo ao público, favoreceu as condições para desenvolver um crescimento verdadeiro nos alunos. Dito isso podemos, de maneira inequívoca, expressar nossa satisfação em proporcionar autonomia para que os alunos possam desenvolver seus saberes de forma significativa e prazerosa.

A natureza da pesquisa qualitativa traz sempre ao pesquisador uma perspectiva intangível, que não encontra meios suficientes para expressar a dimensão do impacto positivo que essas ações didáticas, planejadas com tanto cuidado, têm nos alunos. Esperamos que nosso exemplo seja mais uma contribuição aos que, como nós, acreditam na potencialidade da educação.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Instituto Federal Fluminense por disponibilizar recursos para a execução desse projeto, bem como ao programa de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física e a CAPES.

5 REFERÊNCIAS

AGUIAR, C. E.; LAUDARES, F. Aquisição de dados usando LOGO e a porta de jogos do PC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 23, n.4, p.371-380, dez. 2001.

ALVES, D. T., AMARAL, J. V.; NETO, J. F. M. Aprendizagem de eletromagnetismo via programação e computação simbólica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 24, n.2, p.201-213, jun. 2002.

BARBETA, V. B.; YAMAMOTO, I. Desenvolvimento e utilização de um programa de análise de imagens para o estudo de tópicos de mecânica clássica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 24, n.2, p.158-167, jun. 2002.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 3. ed. Lisboa: Edições 70, 2011.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora, 1994.

CARVALHO, A. M. P. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: (org.) **Ensino de Ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula**. Editora: Cengage Learning, 2013.

_____. DE; SASSERON, L. H. Ensino de Física por investigação: referencial teórico e as pesquisas sobre as sequências de ensino sobre calor e temperatura/Physics teaching by inquiry: theoretical references and the researches on inquiry-based teaching sequence. **Ensino em Re-Vista**, v. 22, n. 2, p. 249-256, 23 maio 2016.

CORDOVA, H.; TORT, A. C. Medida de g com a placa Arduino em um experimento simples de queda livre. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 38, n. 2, jan. 2016.

DWORAKOWSKI, L. et al. Uso da plataforma Arduino e do software PLX-DAQ para construção de gráficos de movimento em tempo real. **Revista Brasileira de Ensino Física**, São Paulo, v. 38, n. 3, abr. 2016.

GOBARA, S. T., ROSA, P. R. S.; PIUBÉLI, U. G. Estratégias para utilizar o programa Prometeus na alteração das concepções em mecânica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 24, n.2, p.134-145, jun. 2002.

MOREIRA, M. A. Linguagem e aprendizagem significativa. **Conferência de encerramento do IV Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa**, Maragogi, AL, Brasil, 8 a 12 de setembro de 2003

ROCHA, F. S.; GUADAGNINI, P. H. Projeto de um sensor de pressão manométrica para ensino de física em tempo real. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 31, n. 1, p. 124-148, nov. 2013.

TOBIN, S. M. **Application and Design with Matlab**. 1. ed. Boca Raton: CRC Press, 2011. 219p.

YAMAMOTO, I.; BARBETA, V. B. Simulações de experiências como ferramenta de demonstração virtual em aulas de teoria de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 23, n.2, p.215-225, jun. 2001.