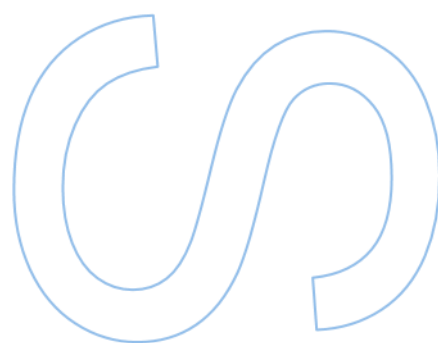
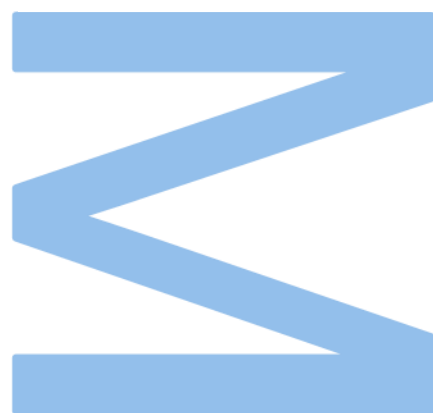


Modelo de uma pilha utilizando Arduino Implementação com alunos do 10.º ano do Ensino Secundário

Helena Sara Gunsen Faria

Mestrado em Ensino de Física e de Química no 3.º Ciclo do
Ensino Básico e no Ensino Secundário
Unidade de Ensino das Ciências
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
2024



Modelo de uma pilha utilizando Arduino Implementação com alunos do 10.º ano do Ensino Secundário

Helena Sara Gunsen Faria

Relatório de Estágio realizado no âmbito do Mestrado em
Ensino de Física e de Química no 3.º Ciclo do Ensino Básico
e no Ensino Secundário
Unidade de Ensino das Ciências
2024

Orientador

Marcelo Dumas Hahn, Professor Auxiliar Convidado, Faculdade
de Ciências da Universidade do Porto

Dedico este trabalho à minha família madeirense e a todos aqueles que querem ensinar.

Agradecimentos

Primeiramente quero agradecer ao Professor Doutor Marcelo Hahn pelo apoio, incentivo, paciência e dedicação do seu tempo à minha investigação.

Agradeço ao orientador cooperante Joaquim Morgado pela dedicação e tempo dispensado para a orientação do estágio.

E finalmente, quero agradecer à minha família madeirense por me apoiarem e acreditarem que eu seria capaz de ultrapassar todos os obstáculos.

Resumo

O relatório de estágio pretende descrever e avaliar o trabalho investigativo, cujo qual propôs uma atividade experimental com Arduino (i.e., atividade A), referente às características de uma pilha. Esta atividade, implementada com alunos do 10.º ano e enquadrada nas Aprendizagens Essenciais da disciplina de Física e Química A do 10.º ano do Ensino Secundário, foi proposta como alternativa, no caso de falta de material para realização da atividade descrita nos manuais escolares (i.e., atividade B), utilizando um dispositivo muito versátil e de custo relativamente baixo, o Arduino. A atividade também pretende ser inclusiva aos alunos com baixa visão, possibilitando que estes possam participar da atividade experimental. A investigação em questão pretendeu avaliar o potencial da atividade proposta A, assim como o seu potencial de inclusão. A metodologia utilizada no trabalho desenvolvido foi o estudo de caso, em que se fez a recolha de dados de forma qualitativa através de inquérito por questionário, inquérito por entrevista e registo de notas de campo naturalista. A atividade em si estava dividida em três partes: uma primeira parte para exploração da montagem experimental, na segunda parte foi feita a recolha e tratamento de dados, e para terminar, na terceira parte utilizou-se um *buzzer* na montagem experimental, para que os alunos percebessem a variação da diferença de potencial elétrico e a variação da corrente elétrica através do som. Esta última parte pode ser explorada também por alunos com limitações ao nível da visão. Os dados ordinais obtidos foram analisados de forma qualitativa e através de testes de hipóteses não paramétricos. Os dados nominais, por sua vez, foram submetidos à análise de conteúdo. De acordo com os dados, a investigação teve resultados positivos relativamente à utilização do Arduino, à recolha e tratamento de dados, ao potencial de inclusão da atividade e ao gosto em áreas como a programação, a robótica e o saber como funcionam os aparelhos eletrónicos. No final, algumas sugestões de melhoria foram feitas relativamente à atividade proposta e à investigação.

Palavras-chave: ensino de Física, Arduino, atividade prática, atividade inclusiva, recolha de dados, gerador de tensão contínua, Ensino Secundário

Abstract

The internship report aims to describe and evaluate the investigative work, which proposed an experimental activity with Arduino (i.e., activity A), related to the characteristics of a battery. This activity, implemented with 10th-year students and framed within the Aprendizagens Essenciais of the Physics and Chemistry A subject of the 10th year of Secondary Education, was proposed as an alternative in the event of a lack of materials to carry out the activity described in the school textbooks (i.e., activity B), using a very versatile and relatively low-cost device, the Arduino. The activity also aims to be inclusive for students with low vision, allowing them to participate in the experimental activity. The investigation aimed to assess the potential of the proposed activity A, as well as its potential for inclusion. The methodology used in the developed work was the case study, in which data were collected qualitatively through questionnaire surveys, interview surveys, and naturalistic field notes. The activity itself was divided into three parts: the first part for exploring the experimental setup, the second part for data collection and processing, and finally, in the third part, a buzzer was used in the experimental setup so that students could understand the variation of electric potential difference and electric current through sound. This last part can also be explored by students with visual impairments. The ordinal data were analysed qualitatively and through non-parametric hypothesis tests. The nominal data, in turn, were subjected to content analysis. According to the data, the investigation had positive results regarding the use of Arduino, data collection and processing, the inclusivity potential of the activity, and increased interest in areas such as programming, robotics, and understanding how electronic devices work. In the end, some suggestions for improvement were made regarding the proposed activity and the investigation.

Keywords: Physics teaching, Arduino, practical activity, inclusive activity, data collection, direct voltage source, Secondary Education

Índice

Lista de Tabelas	v
Lista de Figuras	v
Lista de Abreviaturas	v
1. Introdução.....	1
2. Dossier de Estágio: Apresentação Sintética	3
3. Enquadramento Teórico	3
3.1. Arduino, uma ferramenta no ensino de Física	3
3.2. Características de um gerador de tensão contínua	5
4. Enquadramento Didático-Curricular	7
5. Prática em Terreno Escolar e Ensaio de Investigação	8
5.1. Caracterização do estudo e metodologia usada.....	8
5.2. Descrição dos participantes.....	9
5.3. Descrição das estratégias de intervenção adotadas na investigação e do material desenvolvido.....	9
5.4. Técnicas e instrumentos de recolha de dados.....	14
5.5. Apresentação e Discussão dos Resultados.....	15
6. Conclusões e Considerações Finais	31
7. Reflexão Autocrítica e Projetos Futuros	33
8. Referências Bibliográficas.....	35
Apêndices.....	36

Lista de Tabelas

Tabela 1	18
Tabela 2	23
Tabela 3	26
Tabela 4	27
Tabela 5	29

Lista de Figuras

Figura 1	11
Figura 2	12
Figura 3	16
Figura 4	17
Figura 5	18
Figura 6	18
Figura 7	18
Figura 8	19
Figura 9	20
Figura 10	21
Figura 11	22
Figura 12	22
Figura 13	25

Lista de Abreviaturas

PES	PRÁTICA DE ENSINO SUPERVISIONADA
IPP	INICIAÇÃO À PRÁTICA PROFISSIONAL
FCUP	FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DO PORTO
ESJGZ	ESCOLA SECUNDÁRIA JOÃO GONÇALVES ZARCO
AE	APRENDIZAGENS ESSENCIAIS
FQ-A	FÍSICA E QUÍMICA A
PASEO	PERFIL DOS ALUNOS À SAÍDA DA ESCOLARIDADE OBRIGATÓRIA

1. Introdução

O relatório de estágio é resultado de um trabalho de investigação de natureza científico-didático, aplicado durante a Prática de Ensino Supervisionada (PES). Este último ocorreu no âmbito da Iniciação à Prática Profissional (IPP) do Mestrado em ensino de Física e de Química no 3.º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário, da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP). O trabalho foi desenvolvido, sob a orientação do Professor Doutor Marcelo Hahn da Unidade de Ensino das Ciências da FCUP, ao longo do ano e implementado nas aulas da componente Física da disciplina Física e Química A de uma turma do 10.º ano, na Escola Secundária João Gonçalves Zarco (ESJGZ), em Matosinhos.

O trabalho de investigação desenvolvido constitui a proposta de uma atividade prática (i.e., atividade A) para estudar as características de uma pilha, utilizando um dispositivo de custo relativamente baixo e muito versátil, o Arduino. A atividade A é uma adaptação da atividade prática descrita nos manuais escolares (i.e., atividade B), que está enquadrada nas Aprendizagens Essenciais (AE) de Física e Química A 10.º ano do Ensino Secundário (DGE, 2018), nomeadamente no subdomínio “Energia e fenómenos elétricos” do domínio “Energia e sua conservação”. A atividade A foi proposta para possibilitar a realização da atividade prática com material versátil e de custo relativamente baixo, numa situação em que o material e o orçamento são limitados. Também possibilita incluir os alunos com baixa visão, que não seria possível com a atividade B.

A investigação pretende responder à seguinte questão: Será que a atividade experimental com Arduino aumenta o interesse dos alunos do 10.º ano? O trabalho de investigação visa avaliar o potencial da atividade proposta A e o potencial de inclusão da mesma. Ainda pretende conhecer a resposta dos alunos à atividade A.

A investigação começou com a escolha do tema de estudo, seguido pela escrita do código e construção da montagem experimental. Entretanto, foram elaborados dois questionários que, posteriormente, foram submetidos e aprovados pela Comissão de Ética da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Em seguida, construiu-se o roteiro da atividade proposta.

Antes de implementar a atividade A, os alunos responderam ao primeiro questionário para caracterização da amostra. Na aula prática, fez-se uma introdução à atividade proposta A e à atividade B, descrita nos manuais escolares da componente de Física de Física e Química A do 10.º ano. Ambas as atividades visam determinar as

características de uma pilha. No entanto, existem diferenças entre as atividades A e B. Na atividade A, o Arduino ligado a uma resistência representa a pilha, enquanto é utilizada uma pilha na atividade B. A recolha de dados foi feita utilizando o Arduino e o monitor série na atividade A. Na atividade B, os dados foram recolhidos pelos alunos através do registo dos dados lidos nos multímetros. A construção do gráfico foi feita no *Google Sheets* na atividade A e na calculadora gráfica na atividade B. A atividade A possibilita a inclusão de alunos com baixa visão e a comparação das grandezas características da pilha obtidas graficamente e diretamente. A atividade B permitiu comparar as grandezas características de uma pilha nova e de uma pilha usada. Os alunos responderam às questões pré-laboratoriais da atividade B do manual e às questões prévias do roteiro da atividade proposta A. Posteriormente, os alunos passaram à execução das atividades A e B. Depois de obterem os resultados das atividades, os alunos procederam ao tratamento e análise de dados. Durante a atividade A, registaram-se notas de campo sobre a implementação da mesma, nomeadamente observações e reflexões. Na aula seguinte realizou-se a terceira parte da atividade A com todos os alunos, após a qual, os mesmos responderam ao segundo questionário. Para complementar a informação adquirida por inquérito por questionário, fez-se um inquérito por entrevista semi-estruturada a alguns alunos.

A investigação teve como instrumentos de recolha de dados o inquérito por questionário e o inquérito por entrevista, com notas de campo da atividade A. A análise quantitativa dos dados recolhidos por inquérito por questionário foi feita através de testes não paramétricos. Quanto às respostas escritas nos questionários e as respostas às questões das entrevistas, estas foram analisadas qualitativamente por análise de conteúdo segundo Bardin (2009). A partir dos resultados obtidos, fez-se a discussão e a conclusão da investigação.

O relatório de estágio é um documento em que é feita a descrição de todo o trabalho da investigação. O relatório começa a presente introdução, seguida por uma pequena e breve síntese do dossier de estágio, documento que constitui um dossier do trabalho feito ao longo da prática do ensino supervisionado. Segue-se o enquadramento teórico do trabalho de investigação, em que é feito o enquadramento científico e educacional do tema do trabalho, nomeadamente o Arduino como ferramenta pedagógica e as características de um gerador. Posteriormente é feito o enquadramento didático-curricular do tema estudado, isto é, onde se enquadra nas Aprendizagens Essenciais da disciplina. Na prática em terreno escolar e ensaio de investigação, descreve-se a investigação realizada em termos de metodologia, grupo de estudo, estratégias de ensino e técnicas de recolha de dados, e ainda é feita a apresentação

dos resultados e a discussão a partir destes. Para terminar, procede-se às conclusões do trabalho, de forma sintetizada, e considerações finais, e fecha-se com reflexão autocrítica e referência de projetos futuros.

2. Dossier de Estágio: Apresentação Sintética

O dossier de estágio é um documento que descreve todo o trabalho realizado durante a Prática de Ensino Supervisionada na escola ESJGZ. O estágio foi realizado sob a orientação do professor cooperante Joaquim Morgado do grupo 510, com regência de uma turma de 8.º ano e uma turma do 10.º ano. O documento pode ser acedido através do *link* apresentado em baixo:

https://sigarra.up.pt/fcup/pt/conteudos_service.conteudos_cont?pct_id=674556&pv_co_d=07an3OewDatu

O dossier de estágio inclui informação sobre as regências, os recursos e os instrumentos de avaliação construídos, as atividades extracurriculares e outros. O documento termina com uma reflexão autocrítica do trabalho e desempenho no estágio.

3. Enquadramento Teórico

O enquadramento teórico está dividido em duas partes, uma parte sobre o tema “Arduino, uma ferramenta no ensino de Física” e outra sobre as “características de um gerador de tensão contínua”.

3.1. Arduino, uma ferramenta no ensino de Física

A Física é uma ciência fundamental, que descreve a natureza do Universo e como este funciona, estudando o espaço, o tempo, a energia e a matéria (Tipler & Mosca, 2008, p.1). Esta ciência baseia-se em observações e resultados obtidos por experimentação. A Física, sendo uma ciência exigente e com muitos conceitos abstratos, torna imperativo ao professor motivar e despertar o interesse dos alunos através da contextualização dos conteúdos e da utilização de uma variedade de estratégias de ensino, apostando mais na conceptualização e menos na explicação matemática dos conteúdos. Sendo uma ciência de natureza experimental, as atividades práticas são muito importantes.

As atividades práticas no ensino das ciências são fundamentais para a aprendizagem científica, enriquecendo as aulas e facilitando o processo de

aprendizagem dos alunos (Bertusso et al., 2020). Essas atividades ajudam os alunos a entender os conceitos científicos, assim como desenvolver competências associadas à experimentação. Também são excelentes para construir conhecimento (Bertusso et al., 2020). Em Portugal, as atividades práticas estão enquadradas nas Aprendizagens Essenciais da disciplina Física e Química A do Ensino Secundário. As atividades requerem uma variedade de materiais, alguns deles dispendiosos, que nem sempre as escolas têm orçamento para adquirir ou substituir em caso de avaria. Com a falta de tempo dos professores e, muitas vezes, de meios monetários por parte da escola, há que apostar em recursos didáticos que sejam versáteis, de fácil utilização e de baixo custo, que permitam a realização das atividades. Tendo em conta a diversidade de dificuldades e limitações dos alunos, as atividades devem ser adaptadas aos mesmos. Para colmatar este problema, ferramentas versáteis e de baixo custo como o Arduino podem ser uma mais-valia.

Nos últimos anos, cada vez mais recorre-se aos microcontroladores, como por exemplo a placa Arduino, para auxiliar no ensino de Física. A placa Arduino, criada por Massimo Banzi e sua equipa em 2005, é um dispositivo simples, de fácil utilização e de preço acessível, e pode ser ligado a qualquer computador, ou alimentado por cabo USB ou pilhas. O *software*, as bibliotecas, assim como o *hardware*, são *open-source*, isto é, não são pagos e podem ser usados por qualquer pessoa, seja o comum cidadão, um investigador, um professor, um estudante ou um empresário que quer construir um protótipo com determinado objetivo (Arduino, 2021). A placa microcontroladora pode receber dados e enviar dados e comandos a qualquer sistema eletrónico, e pode ser acoplada a diversos sensores (e.g., sensor de temperatura), permitindo que este dispositivo seja versátil, com uma infinidade de aplicações. A leitura de dados pode ser efetuada através do monitor série, do monitor LCD ou através de rede sem fios (i.e., *wifi*) ou por *Bluetooth* (Arduino, 2022).

O Arduino tem vários modelos de placas, desde os mais simples aos mais complexos, com diferentes tamanhos e memória, com possibilidade de ligação sem fios, com mais ou menos pinos de entrada e saída. As placas mais simples são facilmente programadas com linguagem C++ ou *Python*, enquanto outras mais complexas têm uma linguagem de programação própria. Para iniciantes, a placa Arduino Uno é a mais indicada (Arduino, 2022).

No ensino de Física, a placa Arduino é muito útil, pois poupa tempo e dinheiro, é leve e pequeno, e pode ser utilizado em diferentes atividades de natureza prática. Ao mesmo tempo é uma excelente ferramenta para medição de grandezas e recolha de

dados, o que ajuda na execução das atividades e na rentabilização do tempo de aula. Para programar o Arduino, o professor pode utilizar os códigos já existentes nas bibliotecas do Arduino, acessíveis a qualquer um, e pode alterar alguma coisa conforme for conveniente. A linguagem de programação é muito simples e, no site do Arduino, existe uma linguagem de referência para ajudar na programação (Arduino, 2022).

Segundo Petry et al. (2016), vários alunos do 11.º ano realizaram 11 atividades experimentais com Arduino na área da Física, cada atividade acompanhada com um guião de exploração. Nas atividades, o Arduino foi utilizado como parte do sistema de controlo e de recolha de dados. De acordo com os dados do inquérito realizado por questionário após as atividades, a maioria dos alunos considerou as atividades interessantes ou muito interessantes, assim como fáceis. O Arduino também foi utilizado para controlo de variáveis e recolha de dados numa atividade desenvolvida por Hachmi et al. (2023), para estudar a difração. Os alunos, com idades entre 18 e 20 anos, testaram a atividade, após o qual concordaram que o Arduino deveria ser utilizado nas atividades experimentais de Física. Costa e Fernandes (2019) desenvolveram um aparato experimental com Arduino, que permitia associar a determinadas frequências de som, certos valores de pH. Em outro estudo, Gomes et al. (2020) construíram um calorímetro com Arduino, adaptado para alunos com limitações em termos de visão. Com a variação da temperatura, o valor da temperatura era comunicado por voz. A maioria dos alunos que testou o aparato, todos eles com limitações na visão, consideraram o mesmo útil.

3.2. Características de um gerador de tensão contínua

O gerador é um dispositivo que mantém uma diferença de potencial elétrico entre os seus terminais. Quando em circuito fechado, o gerador induz um movimento orientado de partículas com carga elétrica – a corrente elétrica. Esta grandeza é representada por I e a sua unidade no Sistema Internacional de Unidades é o ampère (A). Existem geradores de tensão elétrica convertem outro tipo de energia, como por exemplo energia mecânica, energia solar ou energia química, em energia elétrica (Halliday & Resnick, 2007; Martins, 1973). Mas ainda existem outros geradores que alteram a diferença de potencial da rede elétrica noutra diferença de potencial elétrico. Os geradores podem dividir-se em geradores de tensão contínua e de tensão alternada. Os geradores de tensão contínua, produzem uma corrente elétrica contínua (i.e., CC ou DC), ou seja, uma corrente elétrica com um único sentido ao longo do tempo. Por outro lado, os geradores de tensão alternada originam uma corrente elétrica cujo sentido

alterna ao longo do tempo – corrente elétrica alternada (i.e., CA ou AC) (Serway & Jewett, 2014).

No nosso dia a dia, os geradores de tensão contínua desempenham um papel essencial, gerando e fornecendo energia elétrica a diversos dispositivos, conferindo às vidas das pessoas qualidade de vida. Dentre os geradores de tensão contínua, tem-se as pilhas, que são muito úteis para os mais diversos aparelhos, as baterias, sejam de veículos, portáteis, e outros, e os painéis fotovoltaicos, que convertem energia solar em energia elétrica. Os geradores de tensão contínua podem ser classificados como ideais ou reais. Os geradores de tensão contínua ideais são aqueles em que não ocorrem perdas internas de energia sob a forma de calor, independentemente da corrente elétrica. Assim, a energia total é igual à energia útil e a energia dissipada é nula. Em contraste, nos geradores de tensão contínua reais ou não ideais ocorre dissipação interna de energia sob a forma de calor. Portanto, apenas parte da energia elétrica é fornecida ao circuito e a restante parte da energia é perdida sob a forma de calor (i.e., efeito Joule). A energia total é igual à soma da energia útil e da energia dissipada (Halliday & Resnick, 2007). Apesar de ser feita a distinção entre geradores, não existem geradores de tensão contínua perfeitamente ideais, sem qualquer dissipação de energia sob a forma de calor. No entanto, existem geradores de tensão contínua que sofrem menos perdas internas de energia em comparação com outros. Neste caso, pode-se dizer que uns geradores são mais ideais do que outros.

O efeito Joule corresponde à transformação de energia elétrica em calor quando a corrente elétrica passa por um condutor. Pode ser explicado a partir de um modelo no qual há choques (i.e., colisões) entre os eletrões e os iões positivos que constituem o material metálico do condutor, causando o aumento da temperatura. A oposição ao movimento orientado de partículas com carga elétrica constitui a resistência elétrica, representada por R , e cuja unidade no Sistema Internacional das Unidades é ohm (Ω) (Martins, 1973). No caso dos geradores de tensão contínua reais ou não ideais, quando em circuitos elétricos fechados, os geradores sofrem uma queda na diferença de potencial elétrico, resultante do efeito Joule, devido à resistência interna dos geradores. A resistência interna do gerador, representada por r , constitui a oposição à passagem de corrente elétrica pelos componentes internos que constituem um gerador de tensão contínua real. Esta grandeza é característica do gerador e a unidade no Sistema Internacional de Unidades é ohm (Ω). Outra grandeza característica do gerador é a força eletromotriz, representada por $\mathcal{E}$, e consiste na energia elétrica total por unidade de carga, isto é, o trabalho realizado pelo gerador por unidade de carga. É dada pela expressão $\mathcal{E} = dW / dq$ (Halliday & Resnick, 2007; Martins, 1973). Em contraste, a

diferença de potencial elétrico, representado por U , é a energia fornecida ao circuito por unidade de carga. Para ambas as grandezas, a unidade no Sistema Internacional de Unidades é volt (V) (Martins, 1973). Tendo em conta que existe resistência interna nos geradores de tensão contínua reais, quando há passagem de corrente elétrica nos geradores de tensão contínua reais, a diferença de potencial elétrico sofre uma queda e é dada por $U = \mathcal{E} - rI$ (Halliday & Resnick, 2007).

As características de um gerador de tensão contínua real podem ser determinadas através do estudo da variação da diferença de potencial elétrico em função da corrente elétrica. Para tal, pode-se construir um circuito simples, constituído por um gerador de tensão contínua real, um reóstato, um voltímetro, um amperímetro e fios de ligação. O reóstato, por sua vez, é utilizado para variar a resistência elétrica e, consequentemente, a corrente elétrica. O gráfico da diferença de potencial elétrico em função da corrente elétrica apresenta uma curva característica da pilha, a qual mostra a diminuição da diferença de potencial elétrico com o aumento da corrente elétrica. Quando a corrente elétrica é nula, a diferença de potencial elétrico é igual à força eletromotriz do gerador, característica constante do gerador. O valor absoluto do declive da reta, constante, representa a resistência interna do gerador, grandeza também característica do gerador (Smith, 1948).

4. Enquadramento Didático-Curricular

A atividade proposta A é uma adaptação da atividade B, descrita nos manuais escolares, que se enquadra nas Aprendizagens Essenciais da disciplina de Física e Química A (FQ-A), e que pertence à componente específica do Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias do Ensino Secundário. Mais especificamente, as Aprendizagens Essenciais de FQ-A 10.º ano do Ensino Secundário. A atividade A, implementada com alunos de uma turma do 10.º ano, visou não só cumprir os objetivos visados pelos descritores correspondentes das AE, como também desenvolver outras competências e despertar o interesse dos alunos.

A atividade A, assim como a atividade B, está enquadrada no subdomínio “Energia e fenómenos elétricos” do domínio “Energia e sua conservação”, da componente de Física de FQ-A 10.º ano. As atividades A e B são mencionadas no seguinte descritor das Aprendizagens Essenciais: “Compreender a função e as características de um gerador e determinar as características de uma pilha numa atividade experimental, avaliando os procedimentos e comunicando os resultados”

(DGE, 2018, p.14). A atividade proposta A, de natureza prática, promoveu uma discussão sobre o gerador e permitiu a determinação das características da pilha.

A atividade A permitiu determinar as características de uma pilha de forma diferente da atividade B, descrita nos manuais escolares, despertando a curiosidade e o interesse dos alunos em outras áreas do conhecimento. A atividade A, uma vez implementada após a leção teórica do conteúdo, visou também consolidar e aprofundar os conhecimentos adquiridos nas aulas de natureza teórica, mas também desenvolver competências. Estas incluem competências associadas ao trabalho científico, como por exemplo observação, pesquisa de informação, previsão, experimentação, espírito crítico, abstração e comunicação. Também competências relacionadas com representações do conhecimento, ou seja, interpretar e construir diferentes representações, tais como tabelas, gráficos, esquemas e outros (DGE, 2018).

As Aprendizagens Essenciais de FQ-A são conducentes ao desenvolvimento das competências definidas no Perfil dos alunos à saída da escolaridade obrigatória (PASEO). A atividade A promoveu o desenvolvimento de competências das áreas de “linguagens e textos” (DGE, 2017, p.21), “informação e comunicação” (DGE, 2017, p.22), “raciocínio e resolução de problemas” (DGE, 2017, p.23), “pensamento crítico e pensamento criativo” (DGE, 2017, p.24), “relacionamento interpessoal” (DGE, 2017, p.25), e “saber técnico, científico e tecnológico” (DGE, 2017, p.29). (DGE, 2017,

A atividade A foi realizada em grupo e requereu previsão, experimentação, assim como interpretação, análise e avaliação crítica de observações e resultados, discussão e conclusão de forma clara e lógica, utilizando linguagem científica.

5. Prática em Terreno Escolar e Ensaio de Investigação

5.1. Caracterização do estudo e metodologia usada

O tema escolhido para a investigação consiste em (1) modelar um gerador real, como por exemplo uma pilha, a partir de um Arduino e outros elementos de um circuito elétrico, e (2) implementar tal aparato experimental com os alunos do 10.º ano de uma Escola Secundária localizada em Matosinhos. Este tema está enquadrado nas AE, no subdomínio “Energia e fenómenos elétricos” do domínio “Energia e sua conservação” da componente de Física da FQ-A do 10.º ano (DGE, 2018). O estudo realizado na investigação tem como objetivos avaliar o potencial da atividade proposta A, uma

adaptação com Arduino da atividade B, descrita nos manuais escolares da componente da Física de FQ-A 10.º ano. Também pretende avaliar o potencial de inclusão da atividade A e conhecer a resposta dos alunos à mesma.

A metodologia utilizada no trabalho de investigação consiste no estudo de caso (Mills & Gay, 2019). Apesar de ser uma metodologia de natureza qualitativa, optou-se por realizar também uma comparação entre as respostas dadas pelos alunos entre o primeiro e o segundo questionário e também uma análise de correlações, que são de carácter quantitativo. A partir dos dados obtidos, os mesmos foram interpretados, inicialmente, de forma qualitativa. Para as questões abertas e para as entrevistas realizadas, realizou-se uma análise de conteúdo, segundo Bardin (2009).

5.2. Descrição dos participantes

A investigação realizada teve como amostra (de conveniência) os alunos de uma turma do 10.º ano do Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias do Ensino Secundário. Como tal, a amostra não é representativa, ou seja, não pode representar todos os alunos do 10.º ano (Mills & Gay, 2019). No momento de iniciação do trabalho de investigação com os alunos, a turma era constituída por 13 alunas e 14 alunos, perfazendo 27 alunos no total, com idades compreendidas entre 14 e 16 anos. Entretanto, quando a atividade foi implementada, uma das alunas não estava presente e a turma encontrava-se dividida em dois turnos, ambos com 13 alunos.

5.3. Descrição das estratégias de intervenção adotadas na investigação e do material desenvolvido

A investigação encontra-se dividida em várias etapas e momentos. A preparação da atividade A envolveu o estudo da ferramenta pedagógica e o conteúdo escolhido para o tema, a construção da atividade, e ainda o inquérito por questionário e entrevista aos alunos. Durante a implementação da atividade A, os alunos procederam à sua exploração. Posteriormente, realizou-se um segundo inquérito por questionário aos alunos e inquérito por entrevista a alguns deles. Os resultados obtidos foram interpretados de forma qualitativa, assim como submetidos à análise de conteúdo e a testes não paramétricos. No final, fez-se uma discussão e concluiu-se o trabalho com base nos resultados.

5.3.1. Escolha do tema do trabalho de investigação

No início do ano letivo, definiu-se o tema da investigação. Como ferramenta pedagógica escolheu-se o Arduino, uma ferramenta versátil e útil, que tem também atraído muita atenção por parte da comunidade científica, incluindo na área da

Educação. A versatilidade e o custo relativamente baixo foram os principais motivos pela sua escolha, uma vez que o Arduino pode ser utilizado em outras atividades práticas, estejam estas enquadradas nas Aprendizagens Essenciais ou não. A possibilidade de inclusão de alunos com baixa visão também foi um fator decisivo para a escolha feita. Decidiu-se realizar a investigação com os alunos da turma do 10.º ano e escolheu-se as características de uma pilha como tema.

5.3.2. Preparação e enquadramento da atividade

Após a escolha do tema, seguiu-se o estudo sobre o Arduino, nomeadamente a sua constituição e modo de funcionamento, e a linguagem de programação. Procedeu-se à escrita do código para o Arduino e a construção da montagem experimental. Durante esse processo, foram construídos dois questionários – questionário 1 e questionário 2, disponíveis nos Apêndices 2 e 3, respetivamente. Os questionários foram avaliados por pares para obter uma validação quanto à forma e ao conteúdo das questões e afirmações presentes nos mesmos.

Numa das aulas de Física e Química A do 10.º ano, informou-se os alunos que seria feita uma investigação com uma atividade proposta, A, enquadrada nas AE de FQ-A. Em contraste, a atividade descrita no manual escolar, B, também seria realizada na mesma aula. Para conhecer a resposta dos alunos à atividade A, os alunos foram submetidos a inquérito por questionário e inquérito por entrevista, cujos dados obtidos eram totalmente confidenciais e opcionais, sem qualquer consequência na avaliação da disciplina. Ainda foi fornecida alguma informação sobre os instrumentos de recolha de dados, destacando que estes serviriam meramente para recolher dados relativos às opiniões dos alunos, interesses e outros. Entregou-se a declaração de consentimento e assentimento informados aos alunos, disponível no Apêndice 4, informando que o consentimento informado é para o encarregado de educação e o assentimento informado para os alunos. O documento da declaração de consentimento e assentimento informados, os questionários 1 e 2, e a nota metodológica, entretanto escrita e disponível no Apêndice 5, foram submetidos à Comissão de Ética. Posteriormente, o pedido foi aprovado pela mesma, cujo parecer se encontra no Apêndice 6.

Numa aula anterior à implementação das atividades A e B, os alunos do 10.º ano, 27 no total, responderam ao questionário 1, através do *Google Forms*. Antes de proceder ao inquérito por questionário, lembrou-se aos alunos que as respostas são confidenciais e opcionais, e referiu-se que não haveria recolha de endereços

eletrónicos. Explicou-se a construção do código de identificação, como descrito na Figura 1.

Figura 1

Instruções da Construção do Código de Identificação dos Questionários

Cor (a primeira letra da **tua** cor preferida); mês (o número do mês do aniversário da **tua mãe**); mãe (as duas primeiras letras do **primeiro nome da tua mãe**); artista (a primeira letra do **nome do teu artista** preferido); número da casa (os quatro primeiros algarismos da **porta da tua habitação** ou, no caso de não ter número, preenche as quadrículas com zeros).

cor	mês	mãe	artista	número de casa

Exemplo: A cor preferida da Rosa é a cor azul (**A**). A mãe da Rosa faz anos no mês de maio (**05**) e chama-se Maria (**MA**). O artista preferido da Rosa são os Coldplay (**C**) e o número da porta da casa da Maria é 20 (**0020**).

cor	mês	mãe	artista	número de casa
A	05	MA	C	0020

O roteiro da atividade prática proposta A, disponível no Apêndice 1, é constituído por duas partes. A primeira parte apresenta a questão-problema, os objetivos, a introdução da atividade e questões prévias. Esta parte contextualiza a atividade, fornece os objetivos e os conhecimentos prévios necessários, assim como perguntas prévias. A segunda parte corresponde à atividade em si, constituída, por sua vez, por três partes. A primeira parte da atividade permite explorar a montagem experimental e estabelecer a relação entre a resistência elétrica, a diferença de potencial elétrico e a corrente elétrica. Pretende também que os alunos reconheçam a associação Arduino e resistência como uma pilha. A segunda parte permite a determinação das características da pilha, nomeadamente a sua força eletromotriz e resistência interna, através do método gráfico com o *Google Sheets*. Posteriormente, pretende-se que os alunos analisem os resultados obtidos. A terceira parte constitui a parte da atividade adaptada a alunos com limitações visuais. Nesta parte realizada em grande grupo, a variação da corrente elétrica é percebida através do som. O mesmo se pode dizer relativamente à variação da diferença de potencial elétrico. Para cada grandeza está associado um som de uma dada intensidade. Quanto mais agudo o som, maior o valor da grandeza.

5.3.3. Implementação da atividade

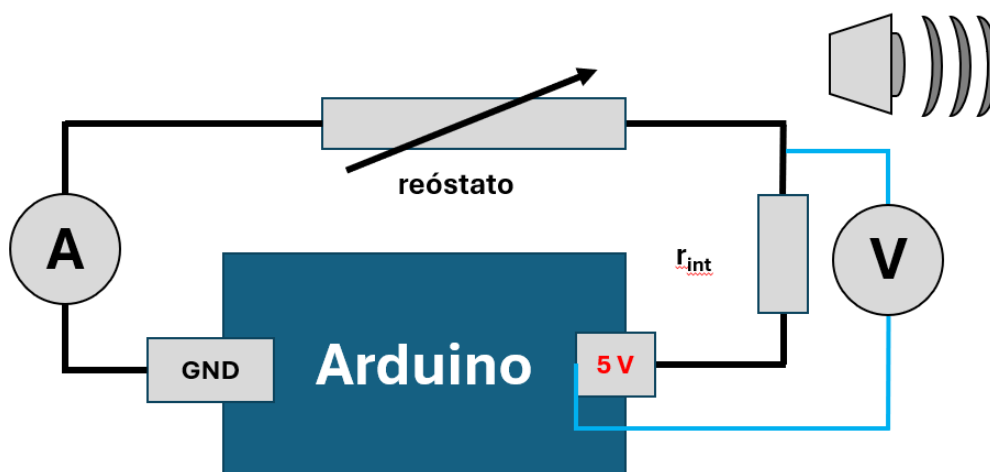
Os conteúdos abordados enquadram-se no subdomínio “Energia e fenómenos elétricos” do domínio “Energia e sua conservação”. Numa primeira aula falou-se do gerador de tensão contínua e suas características e, na segunda aula, terminou-se os

conteúdos da aula anterior e prosseguiu-se para as associações de resistências. No fim da aula falou-se sobre a atividade proposta que seria realizada na aula seguinte, nomeadamente sobre os objetivos da atividade e o Arduino.

Na aula prática de turnos, iniciou-se com a introdução da atividade descrita no manual, B, e da atividade proposta A, ambas sobre as características de uma pilha. Para facilitar a explicação, construiu-se uma tabela para diferenciar as atividades A e B em termos de material utilizado, recolha e tratamento de dados. Falou-se um pouco sobre alguns aspetos relativamente ao material e pediu-se aos alunos para lerem e responderem às questões pré-laboratoriais da atividade B e às questões prévias do roteiro da atividade A, marcadas com asterisco. As questões não marcadas com asterisco são muito parecidas com as questões pré-laboratoriais no manual, logo pediu-se aos alunos para responderem as mesmas em casa. O roteiro da atividade proposta A foi disponibilizado em formato pdf, na página da turma no *Google Classroom*. Após responderem às questões, ouviu-se algumas respostas e corrigiu-se as mesmas.

Figura 2

Esquema equivalente à Montagem Experimental utilizada na Atividade Proposta A



Fonte: acervo da autora

A Figura 2 apresenta o esquema de uma montagem equivalente à montagem experimental utilizada na atividade A, com o Arduino ligado a uma resistência que representou a resistência interna (r_{int}) da pilha. O amperímetro e o voltmímetro servem apenas para perceber que a montagem na atividade A possibilitou as medições da corrente e da diferença de potencial elétrico, através do Arduino. O reóstato serviu para variar a resistência elétrica no circuito e o altifalante para mostrar que existia um *buzzer* que emitiu som, possibilitando a inclusão de alunos com baixa visão.

Na aula, dividiu-se o turno em quatro grupos de três a quatro alunos. Dois grupos realizaram a atividade descrita B no manual, enquanto os outros dois grupos realizaram a atividade proposta A com o Arduino. Depois de terminarem as atividades, os grupos trocaram de atividade. Para os alunos terem maior proveito durante os 40 minutos dedicados à atividade proposta A, discutiu-se e realizou-se a atividade, requerendo a previsão, observação e explicação das observações feitas. Inicialmente falou-se dos objetivos da atividade proposta A e falou-se um pouco sobre o Arduino, a montagem experimental e o monitor série, onde seriam apresentados os valores lidos da corrente elétrica e da diferença de potencial elétrico. Seguindo a orientação do roteiro e através do questionamento oral, os alunos realizaram a primeira e a segunda partes da atividade A. Os dados foram copiados e enviados para os endereços eletrónicos associados à escola, dos alunos. Os alunos em grupo, com a ajuda do roteiro, fizeram o tratamento dos dados nos seus computadores pessoais e responderam às questões do roteiro, correspondente à parte 2 da atividade. Durante este trabalho, circulou-se pela sala para tirar dúvidas quanto à construção do gráfico no *Google Sheets* e para ajudar os alunos a chegarem à resposta. A terceira parte da atividade A, adaptada para alunos com baixa visão, foi realizada na aula seguinte, em grande grupo. Esclareceu-se algumas dúvidas dos alunos, antes de concluir a atividade. No decorrer da mesma, fez-se ainda registo de notas de campo, cuja análise foi feita na secção 5.5.6.

5.3.4. Após a implementação da atividade

Após a conclusão da atividade A, os alunos responderam ao segundo questionário no *Google Forms* utilizando o mesmo código de identificação que utilizaram para o primeiro questionário.

Em semanas subsequentes, realizou-se três entrevistas semi-estruturadas, disponíveis no Apêndice 14, uma individual e duas em grupo, para abordar alguns aspetos que não foram mencionados nos questionários sobre a atividade A e esclarecer alguns resultados obtidos nos inquéritos. Para a análise dos resultados obtidos no inquérito por questionário das respostas em escala tipo Likert, recorreu-se a uma interpretação qualitativa e a testes não paramétricos. Relativamente às respostas de natureza aberta dos questionários e às respostas nas entrevistas, fez-se a análise de conteúdo. Tal análise permitiu categorizar as respostas dadas pelos alunos. Com base na análise dos resultados, fez-se a discussão e a conclusão do trabalho de investigação realizado ao longo do ano letivo 2023/2024.

5.4. Técnicas e instrumentos de recolha de dados

Durante a investigação foram recolhidos dados através de inquérito por questionário, inquérito por entrevista e notas de campo. O inquérito por questionário foi feito em dois momentos, o primeiro, o questionário 1, antes de implementar a atividade A, e o segundo, o questionário 2, após a conclusão da mesma. As notas de campo foram registadas nas aulas, durante a atividade. O inquérito por entrevista foi realizado em três momentos diferentes.

Os questionários, cada um com duração estimada de 15 minutos, foram realizados com recurso ao *Google Forms*, cujos links foram disponibilizados na página da turma na *Google Classroom*. Estes foram validados por pares, e aprovados pela Comissão de Ética da FCUP. O primeiro questionário teve o objetivo de caracterizar a amostra, ou seja, os alunos do 10.º ano que participaram na investigação. O segundo questionário teve como objetivo obter o *feedback* dos alunos sobre a atividade de modo a conhecer a resposta dos alunos à atividade A. O questionário 1, disponível no Apêndice 2, é constituído por uma questão de resposta aberta, 15 questões de resposta em escala tipo Likert, uma de resposta em escala nominal, duas de resposta em escala de razão e duas questões binárias. O questionário 2, apresentado no Apêndice 3, é, por sua vez, misto, ou seja, com recolha de dados qualitativos ordinais e dados qualitativos nominais. É constituído por cinco questões de resposta aberta e 26 questões de resposta em escala tipo Likert.

Nos questionários, as questões de resposta em escala tipo Likert tratam-se, na verdade, de afirmações simples, claras e não ambíguas, referentes a um único aspeto. As respostas em escala tipo Likert têm seis itens, em que “Discordo totalmente” equivale a 1, “Discordo” a 2, “Discordo mais do que concordo” a 3, “Concordo mais do que discordo” a 4, “Concordo” a 5, e finalmente “Concordo totalmente”, que equivale a 6. Escolheu-se este número de itens para obrigar o aluno a selecionar se discorda ou concorda mais. As questões de resposta em escala nominal, assim como as questões binárias, permitiram aos alunos selecionar os itens que correspondiam às suas realidades. As questões de resposta aberta serviram para dar liberdade aos alunos para expressarem as suas opiniões relativamente à atividade e ao Arduino. Os últimos grupos de questões de resposta em escala tipo Likert são maioritariamente comuns em ambos os questionários, constituindo assim um pré-teste e um pós-teste, para conhecer a influência da atividade A nos gostos e interesses dos alunos.

A entrevista foi semi-estruturada, cujo guião, disponível no Apêndice 12, foi validado por pares. O inquérito por entrevista teve como objetivo questionar alguns

aspectos sobre a atividade A e alguns pontos que ficaram pouco claros a partir dos resultados dos questionários. As questões no guião da entrevista serviram de orientação, sem uma ordem fixa, dando a liberdade aos alunos para darem respostas abertas, sem resposta correta, num ambiente informal. Dentre as entrevistas realizadas, uma foi individual e as outras duas com pares de alunos, com a duração de cerca de 15 minutos.

As notas de campo naturalista foram registadas num caderno ao longo de toda a duração da atividade proposta, relativamente a pormenores sobre a atividade e, comentários e perguntas dos alunos.

5.5. Apresentação e Discussão dos Resultados

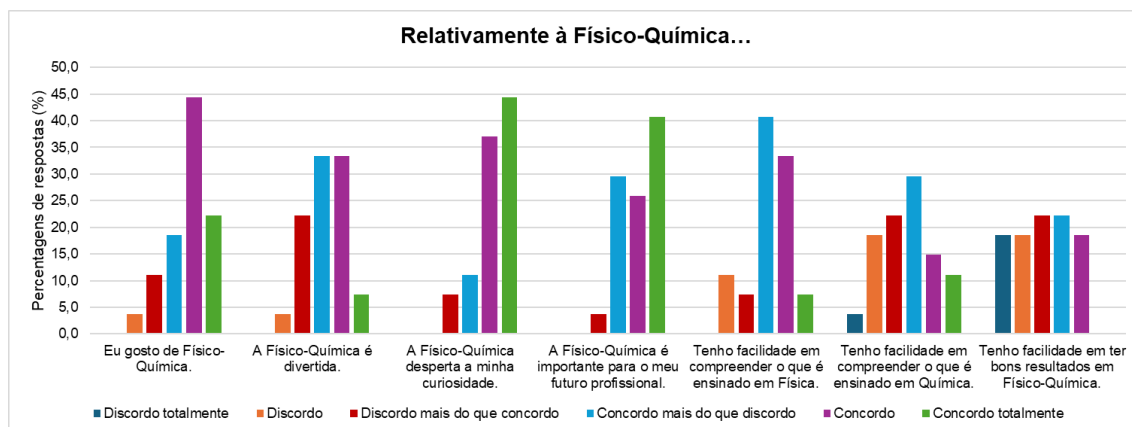
Na investigação obtiveram-se dados ordinais e dados nominais. Como tal, os dados ordinais foram analisados qualitativamente e através de testes de hipóteses utilizando o *software* IBM SPSS Statistics 29. Os dados nominais foram submetidos à análise de conteúdo segundo Bardin (2009). Como se trata de uma amostra pequena, os dados não apresentam uma distribuição gaussiana. Assim, os testes de hipóteses a utilizar serão os testes não paramétricos e os resultados não podem ser generalizados.

5.5.1. Questionário 1 – Caracterização da amostra

O questionário 1 teve como objetivo caracterizar a amostra, isto é, os alunos que participaram na atividade, e conhecer os seus gostos e interesses. Como previamente referido, o questionário 1 foi respondido pelos alunos, antes da atividade A ser implementada. De acordo com o questionário, a amostra era constituída por 13 alunos, 13 alunas e um aluno que se identificava com outro género. No questionário foi ainda feita a recolha das idades dos alunos. No entanto, estas não correspondem à verdadeira distribuição de idades no momento de implementação da atividade proposta, uma vez que, entretanto, uma das alunas deixou de comparecer às aulas.

Figura 3

Gráficos de Colunas com as Percentagens de Respostas para as Afirmações das Questões Q1.4 a Q1.10 do Questionário 1



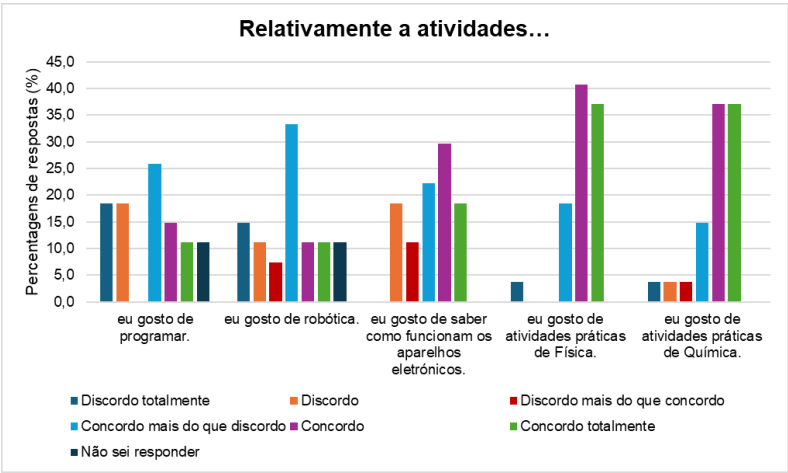
Segundo os dados da Figura 3, cerca de 80% dos alunos concordaram ou concordaram totalmente que a Física e Química desperta a curiosidade dos mesmos. Dos 27 alunos questionados, aproximadamente 65% concordaram ou concordaram totalmente com a afirmação “eu gosto de Físico-Química”, e uma similar percentagem dos alunos concordaram ou concordaram totalmente com a afirmação que a Física e Química é importante para o seu futuro profissional. No entanto, apenas cerca de 40% concordaram ou concordaram totalmente com a afirmação “a Físico-Química é divertida”, e aproximadamente 25% apresentaram um certo grau de discordância relativamente à mesma. As percentagens associadas à concordância diminuem quando se fala da facilidade de compreender os conteúdos de Física e de Química, e ainda mais com a facilidade em obter bons resultados na disciplina. Estes dados sugerem que há a necessidade em apostar em recursos que facilitem a aprendizagem dos alunos e tornem a disciplina mais interessante e divertida.

Para facilitar a aprendizagem, é importante recorrer a diferentes recursos e ferramentas que mais se adaptem aos conteúdos e que deem resposta às dificuldades dos alunos. Para isso, escolheu-se o Arduino como ferramenta pedagógica para construir uma atividade experimental enquadrada nas AE da disciplina de Física e Química A 10.º ano. Para caracterizar a amostra, ou seja, os alunos participantes, questionou-se os mesmos sobre o Arduino e sobre os seus interesses e gostos que podem ser posteriormente afetados pela atividade.

De acordo com a Figura 1 e Figura 2 do Apêndice 7, apenas 33,3% dos alunos ouviram falar em Arduino, 11,5% utilizaram uma única vez o Arduino e 7,7% utilizaram o mesmo entre duas a cinco vezes. O micro:bit, uma ferramenta semelhante ao Arduino e orientada para os jovens, revelou-se ser menos conhecida pelos alunos e nunca foi

utilizada por nenhum deles. Estes dados mostram que o Arduino é, para a maioria dos alunos participantes, uma novidade.

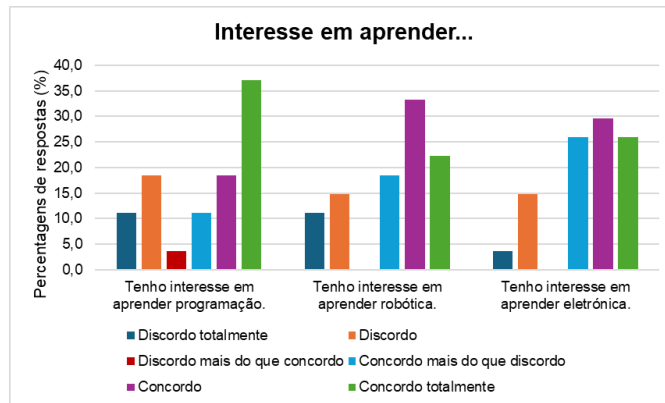
Figura 4
Gráficos de Colunas com as Percentagens de Respostas para as Afirmações das Questões Q1.15 a Q1.19 do Questionário 1



Segundo a Figura 4, apenas cerca de 25% dos alunos apresentaram um elevado ou grande gosto em programar, aproximadamente 22% em robótica e quase 49% concordaram ou concordaram totalmente com a afirmação “eu gosto de saber como funcionam os aparelhos eletrónicos”. Relativamente a estas três afirmações, cerca de 30% dos alunos apresentaram um variável grau de discordância. As percentagens associadas à concordância aumentam consideravelmente quando se fala do gosto em atividades práticas de Física e de Química, com valores, referentes a “concordo” e “concordo totalmente”, a rondar 77% e 74%, respetivamente. Segundo a Figura 5, cerca de 55% dos alunos concordaram ou concordaram totalmente que têm interesse em aprender programação, assim como robótica, sendo a percentagem total associada à discordância maior no caso da programação. O interesse em aprender é maior para a eletrónica. Os alunos gostam de atividades práticas, mas apenas uma pequena percentagem gosta e interessa-se em aprender programação e robótica. Têm mais interesse em eletrónica e gostam de saber mais como funcionam os aparelhos eletrónicos.

Figura 5

Gráficos de Colunas com as Percentagens de Respostas para as Afirmações das Questões Q1.20 a Q1.22 do Questionário 1



5.5.2. Questionário 2 – Apresentação e análise qualitativa dos dados

O questionário 2 pretendeu avaliar o potencial e conhecer a resposta dos alunos à atividade A. Para isso, 26 alunos responderam ao questionário em questão, após a conclusão da atividade. No entanto, por motivos desconhecidos, algumas questões só foram respondidas por 24 ou 25 alunos, outras por apenas 19 alunos.

Tabela 1

Caracterização da Amostra Aquando da Implementação da Atividade

Caracterização da amostra				
N.º de alunos participantes	Género			
	Masculino	Feminino	Outro	Prefiro não responder
26	50,0%	46,2%	3,8%	0,0%

Figura 6

Gráficos de Colunas com as Percentagens de Respostas para as Afirmações das Questões Q2.2 e Q2.3 do Questionário 2

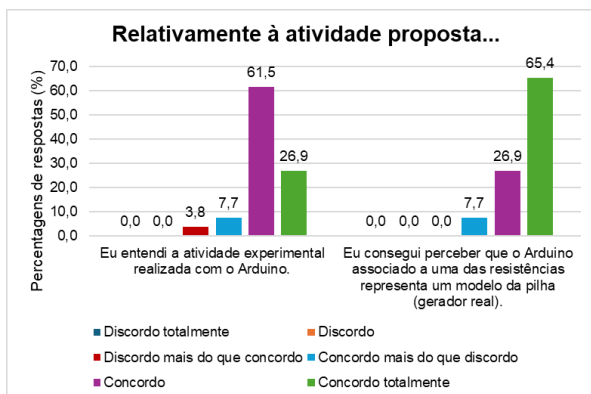
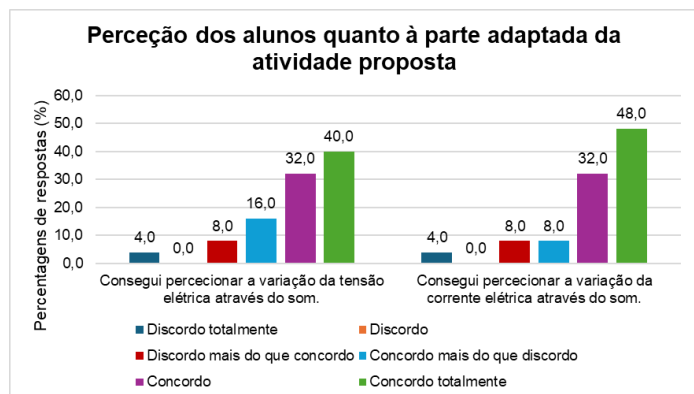


Figura 7

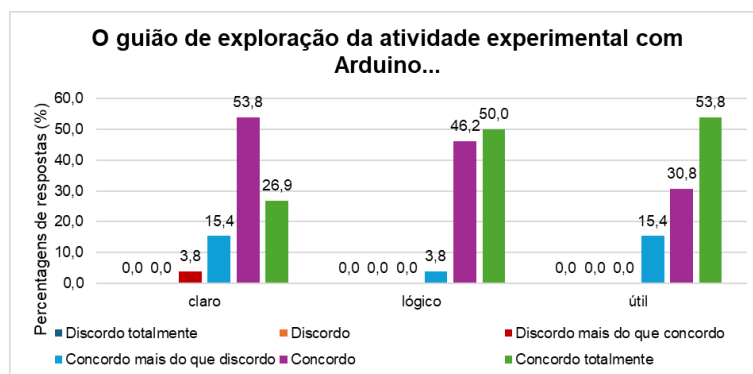
Gráficos de Colunas com as Percentagens de Respostas para as Afirmações das Questões Q2.5 e Q2.6 do Questionário 2



De acordo com os dados da Figura 6, 88,4% dos 26 alunos concordaram ou concordaram totalmente relativamente a entender a atividade experimental com o Arduino e 92,3% em termos de perceber que o Arduino associado a uma das resistências representa um modelo da pilha, isto é, um gerador real. Apenas 3,8% dos alunos discordaram mais do que concordaram com a primeira afirmação. Segundo a Figura 7, 72,0% dos 25 alunos escolheram a opção “concordo” ou “concordo totalmente” para a perceção da variação da diferença de potencial elétrico através do som, enquanto 80,0% fizeram o mesmo em relação à afirmação “Conseguir percecionar a variação da corrente elétrica através do som”. No entanto, 4,0% dos alunos não conseguiram percecionar a variação das grandezas elétricas através do som e 8,0% discordaram mais do que concordaram com as afirmações. Os alunos perceberam tanto a atividade como a montagem experimental como o modelo da pilha. Relativamente à atividade adaptada, alguns alunos não conseguiram percecionar a variação das grandezas elétricas através do som, que pode ser consequente do tempo limitado para a execução da atividade, como será visto mais à frente nas entrevistas na secção 5.5.7.. Outra causa pode ter sido o facto desta parte da atividade ter sido executada em grande grupo, com todos os alunos.

Figura 8

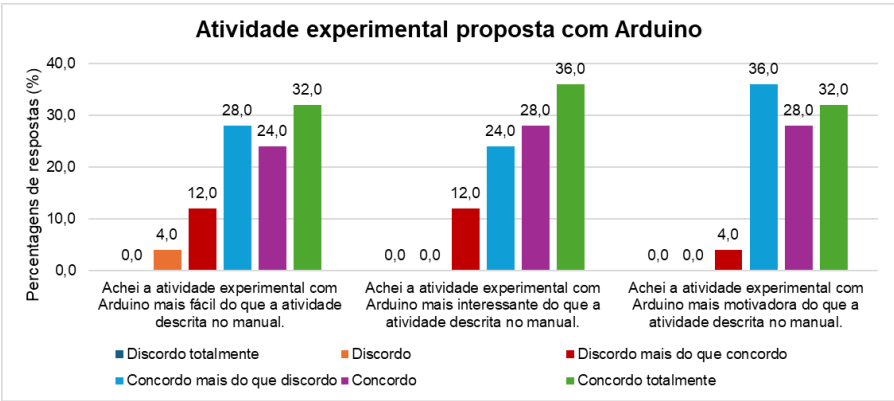
Gráficos de Colunas com as Percentagens de Respostas para as Afirmações das Questões Q2.7, Q2.8 e Q2.10 do Questionário 2



A questão referente ao guião de exploração (i.e., roteiro da atividade prática) ser completo, a questão Q2.9 do questionário 2, foi eliminada da análise, pois pode ter sido mal interpretada pelos alunos. Assim, só se considerou três questões das quatro relativas ao guião de exploração da atividade. Segundo a Figura 8, 46,2% dos 26 alunos concordaram e 50,0% concordaram totalmente que o guião de exploração da atividade proposta era lógico. Relativamente ao guião de exploração ser útil, 30,8% concordaram e 53,8% concordaram totalmente. Do total, apenas 26,9% concordaram totalmente com o guião ser claro e 53,8% concordaram com a afirmação. Em contraste, 3,8%

discordaram mais do que concordaram com a mesma. O guião de exploração, ou seja, o roteiro da atividade prática com Arduino, foi fornecido aos alunos para dar orientação e auxiliar no tratamento e análise de dados. No entanto, como referido nas respostas abertas mais à frente nesta secção e nas entrevistas, pouco tempo foi disponibilizado para os alunos poderem explorar calmamente o guião de exploração e a atividade. Esse facto provavelmente afetou as respostas dos alunos quanto à clareza do guião. No entanto, a maioria dos alunos considerou o guião de exploração lógico, útil e claro.

Figura 9
Gráficos de Colunas com as Percentagens de Respostas para as Questões Q2.12 a Q2.14 do Questionário 2

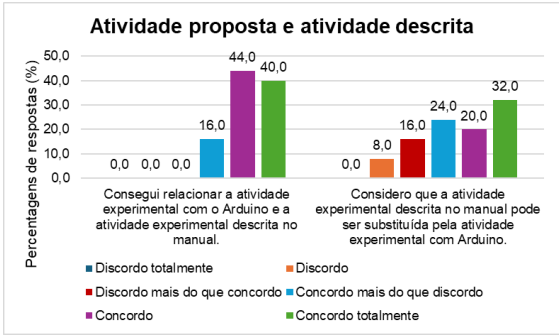


De acordo com os dados da Figura 9, em comparação com a atividade descrita no manual, 32,0% dos 25 alunos consideraram a atividade proposta sem dúvida mais motivadora, enquanto 28,0% concordaram com a afirmação e, em oposição, 4,0% discordaram mais do que concordaram. Dos alunos, 36,0% concordaram totalmente que a atividade proposta com o Arduino foi mais interessante, 28,0% concordaram e, em contraste, 12,0% discordaram mais do que concordaram com a afirmação. Relativamente à atividade com Arduino ter sido mais fácil, 32,0% dos alunos concordaram totalmente e 24,0% concordaram. No entanto, 12,0% dos alunos discordaram mais do que concordaram e 4,0% discordaram com a afirmação. A maioria dos alunos considerou a atividade experimental com Arduino mais motivadora, interessante e mais fácil do que a atividade descrita no manual. No entanto, alguns alunos discordaram com estas afirmações. Por exemplo, de acordo com a resposta aberta de um aluno, ele gostou mais de montar o circuito na atividade descrita. Provavelmente este aluno considerou a mesma mais interessante e motivadora do que a atividade proposta. Outro fator que pode ter afetado esses resultados foi a dificuldade em termos de percepção da variação das grandezas elétricas através do som, como observado anteriormente na Figura 6. Segundo as notas de campo, discutidas na secção 5.5.6., assim como comentado nas respostas abertas e nas entrevistas, alguns

alunos apresentaram alguma dificuldade no tratamento de dados, em particular os rapazes. Esse facto pode ter sido uma das razões pela qual alguns alunos não terem considerado a atividade proposta mais fácil.

Figura 10

Gráficos de Colunas com as Percentagens de Respostas para as Questões Q2.11 e Q2.15 do Questionário 2



Relativamente à atividade, de acordo com a Figura 10, os alunos conseguiram relacionar a atividade proposta e a atividade descrita no manual, em que 40,0% dos 25 alunos concordaram totalmente com a afirmação e 44,0% concordaram com a mesma. Quanto à substituição da atividade descrita pela atividade proposta, 32,0% concordaram totalmente, 20% concordaram, e, com opinião oposta, 16,0% discordaram mais do que concordaram e 8,0% dos alunos simplesmente discordaram com a mesma. Portanto, os alunos conseguiram relacionar as duas atividades, no entanto alguns discordaram que a atividade com Arduino pode substituir a atividade descrita no manual. Como mencionado acima, a construção do circuito na atividade descrita B pode ser fator decisivo em termos de escolha da atividade. Alguns alunos referiram a preferência em construir o circuito na atividade B, algo que não ocorreu na atividade A. Outro fator pode ter sido o fato de alguns alunos terem achado a atividade proposta menos fácil, como visto a partir da Figura 8. No entanto, a maioria dos alunos valorizou a possibilidade de adaptação da atividade para alunos com limitações relativamente à visão, referido tanto nas respostas abertas, como também nas entrevistas. Destacou-se também o uso do Arduino como ferramenta novidade para os alunos, a facilidade em termos de recolha de dados e a utilização do *Google Sheets* para tratamento de dados.

Figura 11

Gráficos de Colunas com as Percentagens de Respostas para as Afirmações das Questões Q2.16, Q2.19 e Q2.20 do Questionário 2

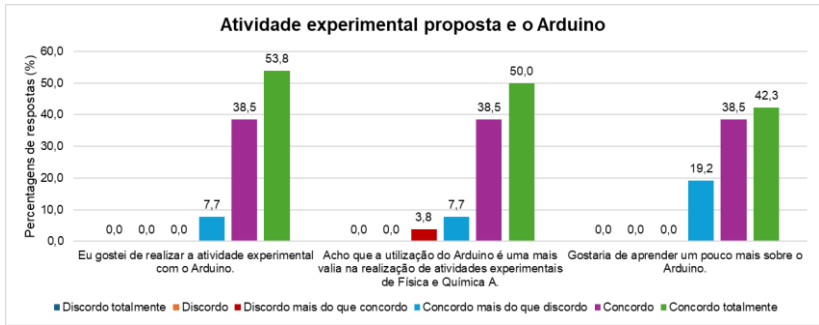
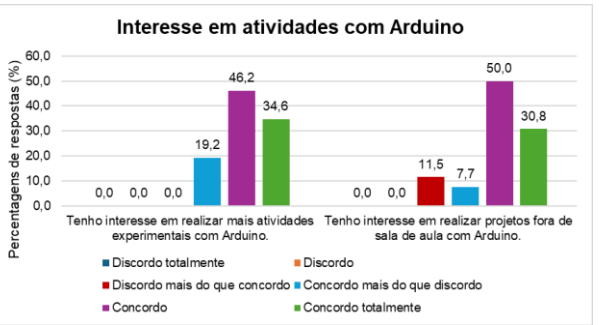


Figura 12

Gráficos de Colunas com as Percentagens das Respostas das Questões Q2.30 e Q2.31 do Questionário 2



De acordo com os dados da Figura 11, os 26 alunos participantes gostaram de realizar a atividade experimental com o Arduino e gostariam de aprender um pouco mais sobre a ferramenta. Quase todos os alunos consideraram o Arduino como uma ferramenta a valorizar para as atividades experimentais de Física e Química. No entanto, 3,8% dos alunos discordaram mais do que concordaram com a afirmação. Segundo a Figura 12, a maioria dos alunos mostrou o interesse em realizar mais atividades experimentais, assim como realizar projetos fora da sala de aula, com o Arduino. No entanto, 11,5% dos alunos discordaram mais do que concordaram com esta afirmação. A atividade foi valorizada pelos alunos, que admitiram ter interesse em aprender mais sobre o Arduino. Tal foi reforçado também nas entrevistas e nas respostas abertas do questionário. Os alunos gostariam de realizar mais atividades experimentais com o Arduino, possivelmente porque facilita a recolha de dados e a aprendizagem, e permite a adaptação das atividades para alunos com limitações, tratando-se de algo inovador, como referido nas entrevistas.

O questionário 2, além das questões de resposta em escala tipo Likert, também tem questões de resposta aberta. Para fazer análise das respostas dadas a cada pergunta, fez-se uma análise de conteúdo através de categorização, segundo Bardin (2009). Para isso, após uma leitura inicial e exploratória das respostas, construiu-se a Tabela 2 para categorizar as mesmas. A categorização das respostas às questões pode ser consultada no Apêndice 8.

Tabela 2

Categorias para a Análise de Conteúdo das Respostas Abertas às Questões Q2.17, Q2.18, Q2.4 e Q2.21 do Questionário 2

Questão	Categorias
"Escreve o que gostaste mais na atividade em que usaste o Arduino."	Experiência prática e interativa Exploração e aprendizagem Utilização da tecnologia e inovação Recolha e tratamento de dados
"Escreve o que gostaste menos na atividade em que usaste o Arduino."	Experiência positiva e satisfação Tempo disponibilizado para a execução da atividade Utilização da tecnologia e inovação Interatividade e dinamismo Explicação e clareza Recolha e tratamento de dados
"Explica, em poucas palavras, a tua facilidade/dificuldade em perceber que o Arduino associado a uma das resistências representa um modelo de uma pilha (gerador real)."	Facilidade de compreensão Associação com conceitos anteriores Dificuldades na associação e compreensão da função do Arduino Dificuldades na identificação da resistência que representa a resistência interna Dificuldades e solicitação de explicações adicionais
"Qual aspeto da atividade experimental com o Arduino que te despertou o interesse para aprender mais sobre esse dispositivo?"	Facilidade de uso e funcionalidade do Arduino Experiência e conhecimento prévio Interesse nas aplicações e funcionamento do Arduino Utilização do Arduino para inclusão Capacidade de experimentação Interesse pela recolha de dados

Segundo as respostas dadas pelos alunos às questões de resposta aberta, que podem ser nas tabelas do Apêndice 8, os alunos gostaram da atividade experimental com Arduino, referindo ser uma atividade “diferente do comum”, “muito mais interessante do que a atividade laboratorial do manual”. Aliás, segundo os dados analisados acima, a maioria dos alunos gostou da atividade e considerou realmente a mesma mais interessante e motivadora, concordando com a possibilidade de substituição da atividade descrita do manual pela atividade com o Arduino. Muitos alunos comentaram que gostaram “de ver como funciona o Arduino” e que pode “ser utilizado com facilidade”, permitindo “ver os dados no computador”. Um aluno destacou que a probabilidade de ocorrência de erros é “muito reduzida” em termos de recolha de dados. Outro aluno referiu ainda que percebeu “melhor ao observar a variação da corrente e da” diferença de potencial “através dos dados no computador”. Também falou-se no gosto em “manipular equipamentos” e o uso do *Google Sheets*, “que pode ser uma mais valia para a (...) carreira profissional”.

Alguns alunos não tiveram nada a apontar em termos do que gostaram menos. Outros comentaram o que gostaram menos, nomeadamente “pouco tempo”, “a construção do gráfico” no *Google Sheets* e a utilização do Arduino, desconhecido para a maioria dos alunos, como visto inicialmente a partir dos dados obtidos através do questionário 1. Ainda referiram que a atividade era simples, destacando a preferência

em montar circuitos elétricos. Um aluno referiu que “gostaria que tivesse sido mais interativo”, com mais exploração feita pelos alunos além daquela que foi feita. Alguns alunos consideraram a atividade proposta menos fácil, uma vez que, de acordo com as entrevistas e as notas de campo, tiveram dificuldades na construção do gráfico no *Google Sheets*. No entanto, outros alunos reconheceram a importância de utilizar da *software* para tratamento de dados, que provavelmente será mais importante e útil no futuro profissional dos alunos. O fator tempo foi um fator decisivo para alguns aspetos da atividade. A autonomia dos alunos, assim como a informação dada aos alunos relativamente ao Arduino, ficou condicionada pelo pouco tempo disponível para a execução da atividade. Isso refletiu-se em algumas respostas dos alunos relativamente ao reconhecimento do Arduino associado a uma resistência como o modelo da pilha. De acordo com os dados do questionário, a grande parte dos alunos atingiu os objetivos da atividade. No entanto, um reduzido número de alunos ficou com dúvidas ou com a ideia errada relativamente aos componentes da montagem experimental que representavam o modelo da pilha. Dentre as dificuldades identificadas, uma delas consiste na dificuldade em perceber que o reóstato foi utilizado para variar a resistência elétrica no circuito e uma das resistências foi usada para representar a resistência interna da pilha. Outra dificuldade foi perceber que o Arduino ligado à resistência, e não o Arduino ligado ao reóstato, representava o modelo da pilha. Essa dificuldade foi também identificada durante a realização da atividade proposta com Arduino, mencionada nas notas de campo.

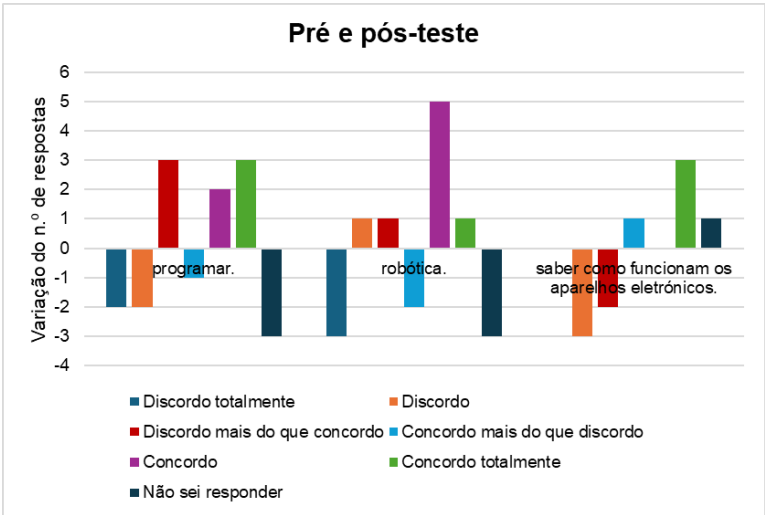
Como foi visto, os alunos gostaram de conhecer uma nova ferramenta. Alguns aspetos da atividade cativaram o interesse dos alunos em aprender mais sobre o Arduino, nomeadamente “a rapidez e facilidade que é utilizar o Arduino”, e o fato de poder “ser usado para várias aplicações” e “para inclusão de alunos com limitações”. Um aluno ainda refere que permite “criar uma infinidade de circuitos como quiser, com componentes muito variados” e outros a recolha de dados de forma fácil. Segundo os dados, os alunos consideraram o Arduino uma ferramenta a ser valorizada e expressaram o seu interesse em aprender mais. Ainda mostraram interesse em realizar mais atividades experimentais com Arduino e até mesmo projetos fora da sala de aula com o mesmo, de acordo com as respostas em escala tipo Likert.

5.5.3. Questionário 2 – Pré e pós-teste

Os questionários 1 e 2 possuem um conjunto de questões comuns sobre interesses e gostos dos alunos, constituindo assim um pré-teste e um pós-teste. Para comparar as respostas antes e após a implementação da atividade e determinar se

houve diferenças estatisticamente significativas, recorreu-se ao teste de Wilcoxon. Este teste estatístico não paramétrico analisa os dados ordinais de duas amostras emparelhadas, neste caso, do pré-teste e do pós-teste (Laureano, 2022). Como hipótese nula, considera-se a igualdade das medianas entre o pré-teste e o pós-teste.

Figura 13
Gráfico de Colunas com as Variações do Número de Respostas para as Afirmações da Questões Comuns nos Questionários



Segundo o teste, existem algumas diferenças estatisticamente significativas entre o pré e o pós-teste. Estas diferenças podem ser analisadas mais ao pormenor a partir da Figura 13, que mostra a variação do número de respostas para cada item da escala tipo Likert do pós-teste, em comparação com as respostas do pré-teste. Relativamente aos gostos em áreas como a programação, a robótica e saber como funcionam os aparelhos eletrônicos, verificou-se um decréscimo das percentagens de respostas associadas a itens de maior discordância e um aumento nas percentagens de respostas de maior concordância. Para duas das três áreas, as percentagens de incerteza quanto à resposta diminuíram, ou seja, alguns alunos ganharam uma opinião após a realização da atividade A. O gosto em programação, robótica e saber como funcionam os aparelhos eletrônicos aumentou, no entanto, o interesse em aprender programação, robótica e eletrónica manteve-se, segundo o teste de Wilcoxon. Supostamente, o aumento do gosto deveria implicar um aumento do interesse em aprender, mas numa análise mais aprofundada, apesar de as correlações não serem estatisticamente significativas, as respostas relativas ao interesse em aprender essas áreas da Ciência foram mais positivas em geral. Tal confirma-se com as correlações positivas identificadas entre as questões através do teste tau-b de Kendall, abordado na secção seguinte.

5.5.4. Questionário 2 – Correlações entre questões

Para identificar possíveis correlações entre as questões do questionário 2, analisou-se os dados de uma amostra de dimensão N , através do teste tau-b de Kendall. Todas as correlações estatisticamente significativas encontram-se apresentadas na tabela no Apêndice 10, onde conferiu-se um número a cada questão, de modo a facilitar a análise.

De acordo com os dados da Tabela 3, os alunos que consideraram o guião (i.e., roteiro da atividade prática) útil, possivelmente acharam a atividade A mais interessante e mais motivadora do que a atividade B, descrita no manual. Aliás, o guião de exploração foi importante para os alunos perceberem a essência do trabalho, estimulando a curiosidade dos alunos. Os alunos que consideraram a atividade A interessante e motivadora, provavelmente gostaram da atividade proposta A e consideraram a possibilidade de esta substituir a atividade B. Os alunos que gostaram da atividade A com Arduino, também consideraram o Arduino uma mais-valia nas atividades experimentais de Física e Química A. Assim, o fato de os alunos terem gostado da atividade A provavelmente deveu-se à impressão positiva que tiveram relativamente ao uso do Arduino na atividade experimental proposta.

Tabela 3

Correlações tau-b de Kendall entre Questões do Questionário 2 (Questão 2.9 eliminada)

			Correlação entre questões														
			Q2.3	Q2.5	Q2.6	Q2.7	Q2.8	Q2.9	Q2.10	Q2.11	Q2.12	Q2.13	Q2.14	Q2.15	Q2.16	Q2.19	
Q2.5	"Conseguir perceber a variação da tensão elétrica através do som."	Coefficiente de Correlação p ("1-tailed") N		1,000 0,000 25													
Q2.6	"Conseguir perceber a variação da corrente elétrica através do som."	Coefficiente de Correlação p ("1-tailed") N		0,840** <0,001 25	1,000 0,000 25												
Q2.7	"O guião de exploração da atividade experimental com Arduino foi claro."	Coefficiente de Correlação p ("1-tailed") N				1,000 0,000 26											
Q2.8	"O guião de exploração da atividade experimental com Arduino foi lógico."	Coefficiente de Correlação p ("1-tailed") N				0,573** 0,001 26	1,000 0,000 26										
Q2.9	"O guião de exploração da atividade experimental com Arduino foi completo."	Coefficiente de Correlação p ("1-tailed") N				0,449** 0,007 26	0,430* 0,012 26	1,000 0,000 26									
Q2.10	"O guião de exploração da atividade experimental com Arduino foi útil."	Coefficiente de Correlação p ("1-tailed") N					0,627** <0,001 26	1,000 0,000 26									
Q2.11	"Conseguir relacionar a atividade experimental com o Arduino e a atividade experimental descrita no manual."	Coefficiente de Correlação p ("1-tailed") N	0,423* 0,013 25			0,314* 0,044 25	0,332* 0,041 25	0,539** 0,002 25	0,351* 0,030 25	1,000 0,000 25							
Q2.12	"Achei a atividade experimental com Arduino mais fácil do que a atividade descrita no manual."	Coefficiente de Correlação p ("1-tailed") N									1,000 0,000 25						
Q2.13	"Achei a atividade experimental com Arduino mais interessante do que a atividade descrita no manual."	Coefficiente de Correlação p ("1-tailed") N			0,303* 0,042 25				0,423** 0,009 25		1,000 0,000 25						
Q2.14	"Achei a atividade experimental com Arduino mais motivadora do que a atividade descrita no manual."	Coefficiente de Correlação p ("1-tailed") N	0,336* 0,028 25	0,420** 0,009 25				0,458** 0,006 25		0,709** <0,001 25	1,000 0,000 25						
Q2.15	"Considero que atividade experimental descrita pode ser substituída pela atividade experimental com Arduino."	Coefficiente de Correlação p ("1-tailed") N		0,316* 0,033 25	(-)0,315* 0,035 25				0,499** 0,002 25	0,700** <0,001 25	1,000 0,000 25						
Q2.16	"Eu gostei de realizar a atividade experimental com o Arduino."	Coefficiente de Correlação p ("1-tailed") N									0,474** 0,005 25	0,549** 0,002 25	0,554** 0,001 25	1,000 0,000 26			
Q2.19	"Acho que a utilização do Arduino é uma mais valia na realização de atividades experimentais de Física e Química A."	Coefficiente de Correlação p ("1-tailed") N	0,371* 0,023 26							0,414* 0,011 25		0,318* 0,042 25		0,504** 0,003 26	1,000 0,000 26		

Tabela 4

Correlações tau-b de Kendall entre Questões do Questionário 2

			Correlação entre questões										
			Q2.20	Q2.22	Q2.23	Q2.24	Q2.25	Q2.26	Q2.27	Q2.28	Q2.29	Q2.30	Q2.31
Q2.20	"Gostaria de aprender um pouco mais sobre o Arduino."	Coefficiente de Correlação p ("1-tailed") N	1,000 0,000 26										
Q2.22	"Relativamente a atividades, eu gosto de programar."	Coefficiente de Correlação p ("1-tailed") N	0,480** 0,002 26	1,000 0,000 26									
Q2.23	"Relativamente a atividades, eu gosto de robótica."	Coefficiente de Correlação p ("1-tailed") N	0,445** 0,005 26	0,808** <0,001 26	1,000 0,000 26								
Q2.24	"Relativamente a atividades, eu gosto de saber como funcionam os aparelhos eletrónicos."	Coefficiente de Correlação p ("1-tailed") N		0,422** 0,007 24	0,625** <0,001 24	1,000 0,000 24							
Q2.25	"Relativamente a atividades, eu gosto de atividades práticas de física."	Coefficiente de Correlação p ("1-tailed") N					1,000 0,000 25						
Q2.26	"Relativamente a atividades, eu gosto de atividades práticas de química."	Coefficiente de Correlação p ("1-tailed") N					0,362* 0,028 24	1,000 0,000 24					
Q2.27	"Tenho interesse em aprender programação."	Coefficiente de Correlação p ("1-tailed") N	0,473** 0,003 26	0,921** <0,001 26	0,749** <0,001 26	0,426** 0,007 24			1,000 0,000 26				
Q2.28	"Tenho interesse em aprender robótica."	Coefficiente de Correlação p ("1-tailed") N	0,465** 0,003 26	0,620** <0,001 26	0,702** <0,001 26	0,495** 0,002 24			0,697** <0,001 26	1,000 0,000 26			
Q2.29	"Tenho interesse em aprender eletrónica."	Coefficiente de Correlação p ("1-tailed") N	0,465** 0,003 26	0,659** <0,001 26	0,772** <0,001 26	0,529** 0,001 24			0,692** <0,001 26	0,796** <0,001 26	1,000 0,000 26		
Q2.30	"Tenho interesse em realizar mais atividades experimentais com Arduino."	Coefficiente de Correlação p ("1-tailed") N		0,507** 0,001 26	0,561** <0,001 26				0,488** 0,002 26	0,612** <0,001 26	0,525** <0,001 26	1,000 0,000 26	
Q2.31	"Tenho interesse em realizar projetos fora de sala de aula com Arduino."	Coefficiente de Correlação p ("1-tailed") N	0,344* 0,027 26	0,365* 0,014 26	0,449** 0,004 26	0,552** 0,001 24	0,502** 0,003 25	0,427* 0,010 24	0,306* 0,035 26	0,482** 0,002 26	0,469** 0,003 26	0,407* 0,011 26	1,000 0,000 26

Segundo os dados na Tabela 4, os alunos que admitiram gostar de programação, robótica e eletrónica, possivelmente tinham o interesse em aprender estas áreas. Estes com interesse em aprender, provavelmente expressaram o desejo em aprender um pouco mais sobre o Arduino e o interesse em realizar mais atividades experimentais com o dispositivo. Estes alunos interessados em realizar mais atividades com o Arduino muito possivelmente expressaram interesse em realizar projetos fora da sala de aula com o mesmo. A eletrónica, a programação e a robótica estão interligadas em termos de gostos e interesses dos alunos.

5.5.5. Questionário 2 – Comparação das respostas entre alunos e alunas

Para analisar se existem diferenças entre as respostas dos alunos de diferentes géneros, separou-se os dados em três grupos, nomeadamente "masculino", "feminino" e "outro". Não se considerou os dados do aluno cujo género é "outro", uma vez que dificilmente representa um grupo equivalente aos outros grupos em termos de número de alunos. Então fez-se a análise dos dados ordinais dos dois grupos recorrendo ao teste U de Mann-Whitney, pois o mesmo é um teste não paramétrico que testa a igualdade de duas amostras independentes. Este teste visa testar se a hipótese nula, que considera a igualdade entre as duas amostras independentes, é ou não rejeitada (Laureano, 2022).

De acordo com o teste realizado, existem algumas diferenças estatisticamente significativas entre os alunos e as alunas. Analisando os dados das figuras no Apêndice 11, os alunos revelaram maior interesse em realizar projetos fora de sala de aula com Arduino e gosto de saber como funcionam os aparelhos eletrónicos, em comparação com as alunas. Apesar de os alunos conseguirem relacionar mais as duas atividades, as alunas acharam mais fácil a atividade proposta do que a atividade descrita pelo manual. Este último ponto pode ser confirmado pelas notas de campo, referidas na secção seguinte. Em geral, as alunas apresentaram maior destreza no tratamento de dados. Quanto aos alunos, estes têm mais interesse em aprender robótica, segundo os dados.

5.5.6. Notas de campo

Ao longo da implementação da atividade A foram tiradas algumas notas daquilo que foi observado e também de reflexões pessoais e perceções que surgiram no momento.

Os alunos não tiveram muitas dificuldades para responder às questões prévias do guião (i.e., roteiro da atividade prática). No entanto, três alunos quiseram confirmar a resposta referente à variação da diferença de potencial elétrico em função da corrente elétrica no caso de um gerador de tensão contínua ideal e de um gerador de tensão contínua real.

Na execução da atividade A, os alunos fizeram a previsão da variação da corrente elétrica e da variação da diferença de potencial com o aumento da resistência, tendo em conta a montagem experimental. Alguns alunos tenderam a buscar a expressão matemática que relaciona a diferença de potencial e as grandezas características da pilha para fazer a previsão. Um ou outro aluno confundiu a resistência interna com a resistência elétrica no circuito, e promoveu-se a discussão sobre a diferença entre estas grandezas. Pediu-se aos alunos para explicarem o seu raciocínio sem recorrer a expressões matemáticas. Após a execução da primeira parte da atividade, fez-se a comparação da previsão com as observações feitas. Com base nos dados, os alunos identificaram a pilha como um gerador de tensão contínua real.

Os alunos recolheram os dados e enviaram os mesmos para os seus endereços eletrónicos pessoais para posterior tratamento e análise de dados. Alguns alunos, em contraste com as alunas, apresentaram mais dificuldades na construção do gráfico. Outros, mais distraídos, esqueceram-se de converter os valores da corrente elétrica para a unidade no Sistema Internacional de Unidades.

Alguns alunos acharam interessante a comparação dos valores das grandezas características da pilha determinados graficamente com os valores medidos diretamente com voltímetro e ohmímetro. Na exploração da parte adaptada da atividade com o som, vários alunos perceberam o modo de variação da corrente elétrica através do som, quando se alterou a resistência elétrica. O mesmo para a diferença de potencial elétrico.

5.5.7. Entrevistas e discussão final

O inquérito por entrevista pretendeu fazer a recolha de dados que complementassem os dados recolhidos no inquérito por questionário. Realizaram-se três entrevistas semi-estruturadas, com um guião, disponível no Apêndice 13, que serviu de orientação para as mesmas. Com as entrevistas transcritas, apresentadas no Apêndice 14, fez-se a análise de conteúdo segundo Bardin (2009). Após uma leitura exploratória das entrevistas, fez-se a distribuição de citações dos alunos pelas diferentes categorias definidas, descritas na Tabela 5.

Tabela 5

Descrição das Categorias para a Análise de Conteúdo das Entrevistas

Categorias	Descrição
Opinião sobre a atividade proposta	Caracterização da atividade experimental proposta com o Arduino.
Opinião sobre a recolha de dados	Conhecer a opinião dos alunos relativamente à recolha de dados utilizando o Arduino, ou seja, se traz algum valor acrescentado à atividade.
Opinião sobre o tratamento de dados	Conhecer a opinião dos alunos quanto ao tratamento de dados, nomeadamente a construção do gráfico utilizando o <i>Google Sheets</i> .
Opinião sobre a parte 3 da atividade, adaptada para alunos com limitações em termos de visão	Perceber se os alunos conseguiram entender a parte 3 da atividade proposta e o que acharam em relação à possibilidade de adaptar a atividade a alunos com limitações em termos de visão.
Aprendizagem	Perceber de que forma a atividade proposta contribuiu para a aprendizagem dos alunos.
Comparação entre a atividade proposta com Arduino e a atividade descrita no manual	Conhecer as diferenças e as semelhanças entre a atividade proposta e a atividade descrita segundo a opinião dos alunos.
Gosto e interesse em aprender programação, robótica e eletrónica, após a implementação da atividade em comparação com antes da mesma	Descobrir se houve ou não alguma alteração relativamente ao gosto e interesse em aprender programação, robótica e eletrónica.
Opinião sobre o tempo dedicado para a atividade proposta	Conhecer a opinião dos alunos quanto ao tempo que foi disponibilizado para implementar a atividade proposta nas aulas e se foi o suficiente para explorar a atividade de forma adequada.
Opinião sobre autonomia	Perceber o que os alunos acharam da atividade em termos do trabalho autónomo.
Sugestões	Descobrir as sugestões dos alunos para melhoria da implementação da atividade.

De acordo com os dados categorizados, os alunos entrevistados acharam a atividade A “dinâmica”, “interessante” e algo “inovador”. Em termos de recolha de dados, um aluno destacou a “facilidade em obter dados” e outro caracterizou como um processo “automático”. Está de acordo com o estudo de Petry et al. (2016), em que os alunos caracterizaram a atividade com o Arduino como interessante e fácil. Relativamente ao tratamento de dados, um aluno admitiu que “vai ser mais recorrente usar o *Google Sheets* e o Excel no trabalho do que a própria calculadora gráfica”. Os alunos acharam

importante a atividade A, adaptada para alunos com baixa visão, referindo ser interessante, assim como importante que todos os alunos tenham “as mesmas oportunidades de conseguir as mesmas experiências”. Como já visto anteriormente, os alunos gostaram da atividade A, considerando-a inovadora e interessante, com maior facilidade em termos de recolha de dados e útil ao utilizar uma ferramenta de tratamento de dados normalmente não utilizada nas aulas. Um dos alunos comentou que não se lembrava bem da parte da atividade adaptada, com recurso ao som. Como referido por outro entrevistado, provavelmente teria sido melhor ter tido mais tempo para explicar esta parte da atividade. Portanto, o tempo reduzido para a exploração desta parte da atividade pode ter sido a causa pela qual alguns alunos não conseguiram perceber a variação da corrente elétrica e a variação da diferença de potencial elétrico através do som, segundo os dados recolhidos do questionário 2.

Em termos de aprendizagem, os alunos entrevistados perceberam que a associação do Arduino mais resistência representava um gerador real, uma vez que ocorreu a variação de diferença de potencial elétrico com a variação da resistência no reóstato. Também entenderam que, com o aumento da resistência elétrica, a corrente elétrica diminui e a diferença de potencial elétrico aumenta, no caso da pilha. Também conseguiram determinar as características da mesma através do gráfico da diferença de potencial elétrico em função da corrente elétrica. Além dos conteúdos assentes e postos em prática com a atividade, os alunos foram “introduzidos ao Arduino” e aprenderam um pouco sobre o mesmo.

Os alunos reconheceram que a atividade A pode ter aumentado o interesse em relação a eletrónica ou programação por exemplo, mas admitiram que não estão muito interessados nessas áreas. De acordo com a interpretação qualitativa dos dados do questionário 2, houve uma melhoria em termos de gosto nessas áreas e, de forma muito menos significativa, o mesmo aconteceu relativamente ao interesse em aprender essas mesmas áreas. Esses alunos provavelmente demonstraram interesse em aprender mais sobre Arduino e admitiram também o interesse em realizar atividades experimentais e projetos fora de sala de aula com o dispositivo. O que está um pouco em linha com os resultados do estudo de Hachmi et al. (2023), em que a maioria dos alunos concordou que o Arduino deveria ser utilizado nas atividades experimentais de Física.

O guião de exploração (i.e., roteiro da atividade prática) foi aprovado pela maioria dos alunos como útil, lógico e claro. Aqueles que consideraram o guião de exploração útil, possivelmente acharam a atividade proposta mais interessante e motivadora do que

a atividade descrita nos manuais escolares, de acordo com o teste tau-b de Kendall. Esses alunos provavelmente consideraram a possibilidade da substituição da atividade descrita pela atividade proposta, uma vez que gostaram da atividade. Aqueles que gostaram da atividade com Arduino, também gostaram do dispositivo.

Os alunos deram algumas sugestões para melhoria da implementação da atividade, nomeadamente mais tempo para explorar de forma mais autónoma a atividade e conhecer a “essência do trabalho”, como também para conhecer um pouco mais sobre o Arduino. Também acharam que seria importante a introdução mais aprofundada ao Arduino e a possibilidade de construção da própria montagem experimental.

6. Conclusões e Considerações Finais

A investigação desenvolvida no âmbito da Iniciação à Prática Profissional pretendeu avaliar o potencial e conhecer a resposta dos alunos à atividade experimental com o Arduino, ou seja, a atividade A, referente às características de uma pilha. O trabalho investigativo também permitiu avaliar o potencial de inclusão da atividade proposta A, a qual tem uma parte adaptada para alunos com baixa visão. A atividade em questão permitiu a exploração de um aparato experimental, cuja associação Arduino com a resistência consistiu no modelo de uma pilha.

De acordo com os resultados, os alunos entenderam a atividade proposta A e conseguiram relacionar a mesma com a atividade B, descrita nos manuais escolares. A maioria dos participantes conseguiu perceber que a associação Arduino e resistência representava um modelo de uma pilha. Em geral, os alunos participantes caracterizaram o guião de exploração como lógico, útil e claro, e consideraram a atividade A com Arduino mais motivadora, interessante e fácil em comparação com a atividade descrita B. Todos os alunos gostaram de realizar a atividade proposta A, e muitos deles consideraram a possibilidade de substituir a atividade descrita B pela atividade A com Arduino. A grande parte dos participantes conseguiu perceber a variação da diferença de potencial elétrico e a variação da corrente elétrica através do som. Quase todos valorizaram o Arduino como ferramenta pedagógica a utilizar nas atividades experimentais de Física e Química A 10.º ano, enquanto todos revelaram que gostariam de aprender um pouco mais sobre este dispositivo. Os alunos participantes demonstraram interesse em realizar mais atividades experimentais com o Arduino e, a maioria deles, interesse em realizar projetos fora da sala de aula com o mesmo.

Alguns dos aspetos que os alunos gostaram na atividade A incluem a utilização do Arduino e o fator novidade, assim como a facilidade de recolha e interpretação qualitativa de dados. A utilização do *Google Sheets* também foi valorizada, uma vez que reconheceram que esta poderia ser mais útil no futuro. A parte adaptada com o som foi considerada interessante e importante, permitindo dar as mesmas oportunidades aos alunos com limitações na visão. Em relação ao Arduino, os alunos gostaram da versatilidade da ferramenta, assim como a facilidade e a rapidez da mesma.

Após a implementação da atividade, verificou-se uma melhoria em termos do gosto em programação, robótica e saber como funcionam os aparelhos eletrónicos. Relativamente ao interesse em aprender programação, robótica e eletrónica, houve um ligeiro aumento, no entanto, estatisticamente pouco significativo. Entre grupos do género masculino e do género feminino, os alunos conseguiram mais facilmente relacionar a atividade proposta A e a atividade B, descrita nos manuais escolares, e demonstraram mais interesse em aprender robótica. As alunas, por sua vez, acharam a atividade A com o Arduino mais fácil.

Estes resultados acima enunciados permitem concluir que a atividade proposta A com o Arduino tem potencialidade para ser utilizada para estudar as características de uma pilha. A maioria dos alunos participantes conseguiu atingir os objetivos pretendidos na atividade A, nomeadamente estudar a variação da diferença de potencial elétrico e da corrente elétrica com a resistência elétrica, reconhecer a associação Arduino e resistência como o modelo de uma pilha e determinar as grandezas características da mesma. A atividade A também revelou potencialidade em termos de inclusão, uma vez que a maioria dos alunos conseguiu perceber a variação das grandezas elétrica com a variação da resistência elétrica. De modo geral, a atividade A afetou positivamente os alunos, uma vez que estes gostaram da atividade e demonstraram interesse em outras atividades e projetos com o Arduino. A atividade também despertou alguma curiosidade relativamente ao Arduino e o gosto pelas áreas de programação, robótica e eletrónica aumentaram de forma significativa. Assim, pode-se dizer que a atividade experimental com Arduino aumentou o interesse dos alunos de 10.º ano em atividades experimentais e projetos com o Arduino, assim como o interesse no Arduino.

Em termos de limitações da investigação, a amostra foi escolhida por conveniência, logo os seus resultados não são generalizáveis. O tempo disponibilizado para a implementação da atividade durante as aulas foi muito pouco, totalizando 75 minutos, 30 dos quais foram utilizados para responder aos dois questionários. A falta de

tempo afetou a autonomia dos alunos na exploração da atividade, especialmente ao nível da execução da mesma. Desconsiderando o tempo dedicado para os questionários, o tempo ideal para a exploração da atividade A, com maior autonomia dos alunos, seria 100 minutos. O momento ideal de implementação da atividade seria antes da lecionação dos conteúdos teóricos, mas, devido ao atraso na lecionação dos mesmos a nível geral, foi apenas possível fazê-lo depois da teoria. No futuro, se o tempo o permitir, a introdução do Arduino de forma mais aprofundada pode permitir uma exploração mais interessante da atividade. Tendo em conta as limitações referidas para melhoria, a atividade experimental com Arduino pode ser utilizada para estudar as características da pilha no âmbito das aulas de Física e Química A do 10.º ano.

A presente investigação trouxe para o ensino de Física a proposta de uma atividade com potencial de inclusão, uma vez que constitui a adaptação de uma atividade descrita nos manuais escolares, possibilitando a participação de todos os alunos, incluindo aqueles com limitações ao nível da visão. Esta atividade permite, assim como a atividade descrita, atingir os objetivos pretendidos e também despertar a curiosidade e o interesse dos alunos para outras ferramentas e áreas da Ciência.

7. Reflexão Autocrítica e Projetos Futuros

O trabalho de investigação foi, sem dúvida, desafiante, uma vez que exigiu algum estudo em termos de programação e o conhecimento mais aprofundado relativamente ao funcionamento do Arduino em si. Outro aspeto que constituiu um desafio foi a criação de uma atividade, que fosse implementada de acordo com a forma de lecionação da disciplina ao longo do ano, e que não agravasse o atraso da lecionação dos conteúdos. A atividade em si foi implementada tardiamente no ano letivo, o que implicou um esforço acrescido em pouco tempo, no tratamento e na análise de dados obtidos na investigação, e sua conclusão.

O trabalho desenvolvido foi interessante e construtivo, requerendo a aplicação de variados conhecimentos em relação à didática de Física, assim como aquisição de competências referentes ao próprio tratamento de dados, seja ele qualitativo ou quantitativo. Eu diria que é um estudo que deve ser feito cada vez que se pretende implementar uma nova atividade no âmbito das aulas. Conforme os resultados, melhorias são feitas na atividade para obter melhores resultados no ano seguinte, sempre com o objetivo de facilitar a aprendizagem dos alunos.

A investigação em si, eu diria que poderia ser melhorada, tendo em conta não só as sugestões dos alunos, como também adaptar a recolha de dados de modo que seja ainda mais inclusiva. Também seria interessante testar a atividade com alunos com dificuldades na visão, para determinar o seu potencial do ponto de vista destes alunos. Relativamente ao relatório de estágio, não foram encontrados estudos na literatura científica sobre geradores na área da Educação, nomeadamente ensino de Física.

Como professora, pretendo dar aulas de uma forma que promova o diálogo e a discussão dos conteúdos, contextualizando os mesmos sempre que possível. Acho fundamental cada aula ter uma componente prática, seja demonstrativa ou não, de modo a haver uma maior ligação entre a teoria e o mundo que nos rodeia. Relativamente às atividades práticas, sou da opinião que estas são mais interessantes para construir conhecimento, ou seja, implementá-las para introduzir um determinado conteúdo. No entanto isso requer tempo, por isso é preciso estabelecer um equilíbrio.

A Iniciação à Prática Profissional, incluindo a Prática de Ensino Supervisionada, foi muito compensadora, desde a aplicação de metodologias e estratégias, até a prática na sala de aula. Permitiu relembrar e aprofundar conhecimentos de Química e Física e aprender a arte de ser professor, que, com certeza, será um processo contínuo.

8. Referências Bibliográficas

- Arduino. (2021, September 15). *About Arduino*. <https://www.arduino.cc/en/about>
- Arduino. (2022, April 11). *Arduino Hardware*. <https://www.arduino.cc/en/hardware>
- Bertusso, F. R., Terhaag, M. M., & Malacarne, V. (2020). The use of practical classes in science teaching: challenges and possibilities. *Práxis Educacional*, 16(39), 318-336. <https://doi.org/10.22481/praxisedu.v16i39.6380>
- Bardin, L. (2009). *Análise de Conteúdo*. (5ª ed.). Edições 70.
- Costa, S. C., & Fernandes, J. C. B. (2019). Listening to pH. *Journal of Chemical Education*, 96, 372-376. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00641>
- Direção Geral da Educação. (2017). *Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória*. Direção Geral da Educação. https://dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Projeto_Autonomia_e_Flexibilidade/perfil_dos_alunos.pdf
- Direção Geral de Educação (2018). *Aprendizagens Essenciais – Articulação com o Perfil dos Alunos, 10.º ano, Ensino Secundário, Física e Química A*. Direção Geral de Educação. https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/10_fq_a.pdf
- Gomes, V. V., Cavaco, S. C. F., Morgado, C. P., Aires-de-Sousa, J. & Fernandes, J. C. B. (2020). An Arduino-Based Talking Calorimeter for Inclusive Lab Activities. *Journal of Chemical Education*, 97, 1677-1681. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00148>
- Hachmi, A., Hadi, M. El., Essaadaoui, R., Mommadi, O., Ouariach, A., & Moussaouy, O. (2022). Development of an educational device, based on Arduino, to facilitate the understanding of light diffraction. *Physics Education*, 57(4), Artigo 045032. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ac65d0>
- Halliday, D., Resnick, R. & Walker, J. (2014). *Fundamentals of Physics*. (10th ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Laureano, R. M. S. (2022). *Testes de Hipóteses Com o IBM SPSS Statistics – O Meu Manual de Consulta Rápida*. (3ª Ed.). Edições Sílabo.
- Martins, N. (1973). *Introdução à Teoria da Eletricidade e do Magnetismo*. Edgard Blücher Ltda.
- Mills, G. E., & Gay, L. R. (2019). *Educational Research - Competencies for Analysis and Applications*. (12th ed.). Pearson Education, Inc.
- Petry, C. A., Pacheco, F. S., Lohmann, D., Correa, G. A., & Moura, P. (2016, June 22-24). *Project teaching beyond Physics: Integrating Arduino to the laboratory* [Paper presentation]. Technologies Applied to Eletronics Teaching (TAE), Seville. <https://doi.org/10.1109/TAE.2016.7528376>
- Serway, R. A., & Jewett Jr., J. W. (2014). *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics*. (9th ed.). Cengage Learning.
- Smith, A. W. (1948). *Electrical Measurements in Theory and Application*. (4th ed.). McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Tipler, P. A., & Mosca, G. (2008). *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics*. (6th ed.). W. H. Freeman and Company.

Apêndices

Os Apêndices encontram-se disponíveis no seguinte link:

https://drive.google.com/file/d/1807fu_b2PA2f-yE6VScOSIQShAmY5xEI/view?usp=drive_link