

DESENVOLVIMENTO E APLICABILIDADE DE UM MULTIMEDIDOR DE GRANDEZAS ELÉTRICAS UTILIZANDO PLATAFORMA ARDUINO

DEVELOPMENT AND APPLICABILITY OF AN ELECTRICAL
QUANTITIES MULTIMETER USING THE ARDUINO PLATFORM

Saulo Oliveira Feitosa

sof@discente.ifpe.edu.br

Bruno Gomes Moura de Oliveira

bruno@pesqueira.ifpe.edu.br

RESUMO

Objetivou-se desenvolver um dispositivo capaz de coletar medidas elétricas precisas tais como os multímetros comerciais, com a reflexão sobre as contribuições no processo de ensino-aprendizagem com a sua aplicação em ambientes de ensino da Física e da eletricidade. O presente estudo adotou duas bases metodológicas: teórica e experimental. Vale salientar o caráter expositivo após a construção do dispositivo e sua intenção observacional. Tal estudo seguiu três sequências: Fase I, bibliográfica; Fase II, experimental; e Fase III, expositiva/observacional. Por meio do desenvolvimento desse dispositivo foi possível observar os seus aspectos positivos relacionados a valor de custo baixo comparado aos demais, junto a sua precisão efetiva ao aferir grandezas elétricas, além de funcionar como uma ferramenta que desperta o interesse dos alunos no ambiente de sala de aula, para o ensino da Física. Conclui-se, portanto, que o novo multimedidor de grandezas elétricas de plataforma Arduino, se mostrou bem efetivo, tanto em relação ao custo-benefício, quanto em relação à qualidade. Ainda foi possível evidenciar a escassez de trabalhos científicos nessa linha e a falta de investimentos para desenvolvimento dessas novas tecnologias em sala de aula.

Palavras-chave: Arduino. Ensino de Física. Multimedidor.

ABSTRACT

The objective was to develop a device capable of collecting precise electrical measurements such as commercial multimeters, reflecting on the contributions to the teaching-learning process with its application in Physics and Electricity teaching environments. The present study adopted two methodological bases: theoretical and experimental. It is worth mentioning the expository character after the construction of the device and its observational intention. This study followed three sequences: Phase I, bibliographic; Phase II, experimental; and Phase III, expository/observational.

Through the development of this device, it was possible to observe its positive aspects related to low-cost value compared to the others, together with its effective precision in measuring electrical quantities, in addition to functioning as a tool that arouses students' interest in the classroom environment, for teaching Physics. It is concluded, therefore, that the new multimeter of electrical quantities of platform Arduino, proved to be very effective, both in relation to the cost-benefit, as in relation to the quality. It was also possible to evidence the scarcity of scientific works in this line and the lack of investments to develop these new technologies in the classroom.

Keywords: Arduino. Physics teaching. Multimeter.

1 INTRODUÇÃO

O binômio ensino-aprendizagem por si só é complexo e requer reflexões profundas, na busca por facilitadores do estado de aprendizagem. Em concordância com o que foi citado, iremos pautar o ensino da física, esta, como sendo uma tarefa complexa ainda mais se adentrarmos em especificidades da área de eletricidade (LIMA, 2018).

Para Dias, Souza e Cruz (2018) numa tentativa de driblar essas complexidades vários docentes acabam recorrendo a aulas laboratoriais, no intuito de colocar os discentes em contato direto com o fenômeno estudado, através de diversas ferramentas, a citar os multímetros. Este é um instrumento de medição que possibilita aferir grandezas elétricas, tais como correntes contínua e alternada, tensões contínua e alternada e resistência.

Entretanto, o uso dessa ferramenta por grande parte dos alunos ainda é considerado labiríntico, devido as suas várias faixas de medição e posicionamento correto das pontas de prova de acordo com o que se deseja aferir. Podendo, assim, gerar no discente uma apreensão ao lidar com tal aparelho, o que vai de encontro a necessidade atual de aproximar o aluno do ensino da física, desmistificando dificuldades (MOREIRA, 2018).

Os avanços tecnológicos no mundo proporcionaram o surgimento de novos *hardwares* e *softwares*, tais como, simuladores e *applets*, que são basicamente aplicativos que possibilitam a simulação e visualização de vários fenômenos físicos por meio de um computador e/ou celular (*smartphone*). Neste trabalho, vamos abordar a plataforma microcontrolada Arduino.

O Arduino consiste em uma placa pequena microcontrolada com diversos terminais de conexão, alguns podem funcionar como portas configuráveis de entrada e saída. O Arduino pode ser conectado a um computador por meio de uma porta USB e essa conexão funciona tanto como alimentação (energia elétrica) da placa, quanto como programação. Assim, o Arduino pode receber comandos e/ou enviar dados via *software*, e ser configurado para efetuar diversas tarefas autônomas, tais como colher dados através de sensores, acionar motores, ligar/desligar equipamentos, uma vez que sua plataforma aberta permite ser conectada a outros dispositivos (MARTINAZZO *et al.*, 2014).

Mediante a complexidade dos fatos citados, é potencial e gradativo o desafio pungente, para os docentes na área da física, principalmente se tratando do ensino da eletricidade. Tal sentença se fortalece no atual cenário da educação no qual a metodologia tradicional de ensino se torna ineficaz, já que se trata apenas de aulas com exposição de conceitos, onde a dificuldade de visualizar os fenômenos físicos acaba se tornando um motivo para falta de interesse por essa matéria, criando um obstáculo para a aprendizagem (COSTA *et al.*, 2019).

Buscando trazer dinamicidade ao ensino da física, o microcontrolador Arduino possibilita o desenvolvimento de um multimedidor de grandezas elétricas, semelhante aos multímetros convencionais, mas com a vantagem de ser pré-programado para aferir essas grandezas. Isso possibilita a interação de alunos durante uma aula experimental, simplificando a tríade discente-docente-experimento, tornando assim a associação do conhecimento teórico/prático mais leve, justificando essa necessidade de leveza para um fortalecimento da tríade.

Mediante o exposto, o presente estudo tem como objetivo desenvolver um dispositivo capaz de coletar medidas elétricas precisas, tais como, os multímetros comerciais, com a reflexão sobre as contribuições no processo de ensino aprendizagem com a sua aplicação em ambientes de ensino da física e da eletricidade. E em tal processo de construção e aplicabilidade, verificar a precisão de aferir medidas elétricas ao trabalhar com o microcontrolador da plataforma Arduino, bem como identificar os aspectos positivos do novo dispositivo em relação ao multímetro convencional já utilizado, e observar o nível de interação e participação dos alunos ao utilizar o dispositivo na área da eletricidade e da física.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para uma compreensão mais abrangente dos conceitos e teorias discutidas durante esse estudo, vamos emergir em quatro tópicos discursivos a respeito de eletricidade, corrente contínua, Arduino e dispositivos de medições, visando também uma facilitação na compreensão sobre a construção do multimedidor desenvolvido neste estudo.

2.1 Conceitos Básicos de Eletricidade

Esse tópico será dedicado à abordagem sobre alguns conceitos básicos da eletricidade, a citar os elencados para a discussão: corrente elétrica, tensão/diferença de potencial (*ddp*), potência e resistência.

De acordo com Guimarães, Piqueira e Carron (2016), podemos definir corrente elétrica como o movimento ordenado de portadores de cargas ou elétrons. Logo, se pegarmos um fio condutor no qual exista um fluxo de elétrons e traçarmos uma linha transversal nesse fio é possível quantizar os elétrons que passam no mesmo, e assim obter a intensidade média da corrente (I_m), onde tem sua unidade de medida de

acordo com o Sistema Internacional (SI), em ampère (A). A I_m é dada pela razão da carga elétrica (Q) que passa nessa seção por um determinado intervalo de tempo (Δt):

$$I_m = \frac{Q}{\Delta t} \quad (1)$$

Em que o módulo da carga pode ser representado pelo número de elétrons n , que passa na seção transversal, multiplicado por sua carga elementar $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ coulombs (C), ou seja, $Q = n \cdot e$, em C.

Souza (2020) complementa dizendo que para fazer com que haja fluxo de elétrons através de um condutor, é necessário que este seja submetido a uma tensão ou diferença de potencial (ddp), medida em volts (V) no SI. Nesse contexto, considerando dois terminais 1 e 2, no qual o primeiro tenha potencial V_1 de carga positiva, e o outro tenha potencial V_2 de carga negativa, de modo que temos $V_1 > V_2$, e conectarmos um fio condutor a esses dois polos, então vamos ter como efeito uma corrente elétrica devido ao deslocamento ordenado dos elétrons, ao sair de V_2 para V_1 .

Halliday, Walker e Resnick (2016) explicam o surgimento da corrente pela teoria do campo elétrico, onde veremos que ao interligar um fio condutor a dois polos de potencial, V_1 e V_2 , vamos ter um campo elétrico B_e no fio, que vai do potencial maior para o potencial menor, e uma força elétrica no sentido contrário F_e fazendo os elétrons se moverem até V_1 , no qual determina o sentido real da corrente.

Bonjorno *et al.* (2016) complementa dizendo que ao verificar algum circuito é considerado o sentido oposto ao sentido real da corrente I , por isso é chamada de corrente elétrica convencional.

Analisando o que foi explanado anteriormente agora se pode dizer que a tensão elétrica, ou ddp , é a tendência de fazer com que os elétrons se movam em um sentido preferencial (HALLIDAY; WALKER; RESNICK, 2016). Depois de abordar os conceitos de corrente e tensão, podemos discorrer sobre o conceito de resistência elétrica, onde temos que resistência é o que dificulta a passagem dos portadores de carga. Quanto maior for à resistência R , menor vai ser I_m (CARVALHO *et al.*, 2019).

A resistência R , medido em ohms (Ω), vai ser dada pela razão da ddp , ou U (tensão elétrica), aplicada entre dois pontos em um condutor e o fluxo de elétrons I que atravessa o condutor:

$$R = \frac{U}{I} \quad (2)$$

No caso de condutores como metais, a relação U/I pode assumir uma proporcionalidade em condições de temperatura constante, no caso dos condutores ôhmicos, com base na Primeira Lei de Ohm (GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2016; SANTOS; DICKMAN, 2018).

A título de finalização de conceitos elétricos para este trabalho, podemos tratar agora do conceito de potência P , medida em watts (W) ou joules/segundo (J/s).

Bonjorno *et al.* (2016) elucida dizendo que potência é o nome dado ao fenômeno de transformação de energia E , medida em joules (J), em um intervalo de tempo Δt , medido em segundos (s), que pode ser calculado pela equação:

$$P = \frac{E}{\Delta t} \quad (3)$$

Exemplificando: se um dispositivo converte 80 J de energia elétrica E_e em 80 J de energia térmica E_t por 1 s, teremos $P = 80 \text{ J} / 1 \text{ s} = 80 \text{ W}$. Na área de engenharia elétrica, a unidade utilizada para a medição da energia elétrica, fornecida ou consumida, é o quilowatt-hora (kWh), então, podemos reescrever a equação (3) da seguinte forma:

$$E_e = P \cdot \Delta t \quad (4)$$

Onde a potência elétrica P está representada em quilowatts (kW) e o intervalo de tempo Δt , em horas (h).

2.2 Dispositivos de Medição e Formas de Aferir Grandezas em Corrente Contínua

Este tópico é para fortalecer o conhecimento a respeito dos dispositivos de medição, bem como formas de aferir grandezas em corrente contínua, elencando assuntos como, instrumentos utilizados no texto, a citar galvanômetros, wattímetros e *multitesters* analógico e digital, emergindo em conhecimento sobre os mesmos e suas funcionalidades.

Se tratando de instrumentos usados para medir grandezas elétricas podemos citar de início o galvanômetro de bobina móvel e sua importância. De acordo com Bonjorno *et al.* (2016), o galvanômetro de bobina móvel é composto de uma bobina e dois ímãs que ficam de lados opostos, onde o campo magnético B dos ímãs interage diretamente com o campo B_e gerado devido à passagem da corrente I através da bobina.

Assim, a intensidade de B_e é proporcional à corrente I que está sendo medida, e o ponteiro que está ligado à bobina sofre uma deflexão devido à interação dos campos, fazendo com que o ponteiro indique o devido valor da corrente elétrica na escala graduada. Esse dispositivo possui sensibilidade S , medida em ohms/volt (Ω/V), inversamente proporcional à corrente que causa o desvio máximo do ponteiro, chamada de fundo de escala I_{fe} . A sensibilidade é dada, então, pela equação:

$$S = \frac{1}{I_{fe}} \quad (5)$$

O galvanômetro num circuito é representado por G e sua resistência interna por R_G . O dispositivo exatamente como descrito anteriormente também é usado como amperímetro para medições na escala de microampères (μA).

Segundo Bonjorno *et al.* (2016), para aferir em escala maior é necessário conectar um resistor *shunt* R_S em paralelo com a resistência interna R_G , para desviar a corrente em excesso I_S , nesse caso a resistência do amperímetro R_A será equivalente a R_G em paralelo com R_S ($R_A = R_G || R_S$), nesse contexto, temos $I_T = I_S + I_{fe}$.

Para medir a corrente em um determinado circuito deve-se conectar o amperímetro em série com este e o valor teórico da corrente é dado pela razão da tensão U pela resistência relativa do circuito R_r :

$$I = \frac{U}{R_r} \quad (6)$$

Entretanto, ao conectarmos o dispositivo de medição citado anteriormente, o circuito em questão vai sofrer uma alteração devido à resistência R_A , assim teremos:

$$I = \frac{U}{R_A + R_r} \quad (7)$$

O galvanômetro do mesmo modo funciona como um voltímetro, capaz de aferir tensão $U_{Gmáx}$, porém de ordem muito baixa, dada pelo produto entre R_G e I_{fe} . Todavia, ao conectarmos um resistor multiplicador R_M em série com a bobina R_G , como forma de reduzir drasticamente a corrente I , podemos medir a *ddp* acima de $U_{Gmáx}$.

De acordo com Guimarães, Piqueira e Carron (2016), para medir uma *ddp* qualquer é preciso ligar o medidor de *ddp* em paralelo com a tensão que se deseja obter. Já o voltímetro altera o circuito logo que é inserido, por causa de sua resistência interna R_V (SANTOS; DICKMAN, 2018). Dando continuidade, para um circuito composto por uma fonte de tensão U_T e dois resistores R_1 e R_2 ligados em série, formando apenas um trajeto para o fluxo de elétrons, conectando-se um aferidor de tensão em paralelo com R_2 , obtém-se seguinte expressão para a *ddp* em R_2 :

$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U_T \quad (8)$$

Mas levando em consideração a resistência interna R_V , o real valor de U_2 será:

$$U_2 = \frac{R_2}{\frac{R_1 \cdot R_2}{R_V} + R_1 + R_2} \cdot U_T \quad (9)$$

Então, pode-se dizer que um medidor de tensão ideal deve possuir resistência R_V infinita, na prática faz-se essa resistência muito grande.

Segundo Fowler (2013), o medidor de bobina móvel também pode ser usado como ohmímetro, se ligado a uma bateria com *ddp* de 1,5 V e conectado em série com um resistor R_I de resistência variável. Com o reostato ajustado adequadamente a resistência interna R_{in} , será equivalente ao resultado da equação:

$$R_{in} = \frac{1,5 \text{ V}}{0,0001 \text{ A}} = 15 \text{ k}\Omega \quad (10)$$

Então, fazendo $R_2 = 15 \text{ k}\Omega$, vamos obter $I = U/R_T = 1,5 \text{ V} / 30.000 \Omega = 50 \mu\text{A}$, e fazendo $R_3 = 45 \text{ k}\Omega$, teremos $I = 25 \mu\text{A}$. $R_2 = 15 \text{ k}\Omega$ representa $\frac{1}{2}$ da deflexão máxima do ponteiro e $R_3 = 45 \text{ k}\Omega$ equivale a $\frac{1}{4}$ do desvio. De acordo com os dados expostos pode-se dizer que a escala do ohmímetro não é regular (linear), já que $15 \text{ k}\Omega$ representa metade da escala.

No que se refere ao wattímetro, este pode ser descrito de modo semelhante aos dispositivos já ressaltados acima, mas com algumas diferenças. Conforme Souza (2020), o wattímetro é composto por duas bobinas, um móvel e outra estacionária, as quais desempenham papéis diferentes. A bobina móvel é ligada a um resistor R_M , tornando-se responsável por detectar a amplitude da tensão existente, já a bobina estacionária está conectada em série com a carga para que toda corrente passe por ela, isso possibilita medir a potência W relacionada.

Por último, e não menos importante, temos o *multitester* analógico, que possui todas as características dos dispositivos de medição citados anteriormente para aferir corrente, tensão e resistência elétricas. Este também detém uma chave seletora para facilitar a medição de acordo com a intensidade da grandeza a ser verificada. Em sequência, o multimedidor de grandezas elétricas digital é um pouco diferente do analógico, desde seu aspecto, como o *display* no lugar do ponteiro e alguns componentes internos, mas assume a mesma funcionalidade. Sendo assim, o multímetro digital por meio de seus componentes internos, diferentes dos analógicos, faz a leitura de dados de forma indireta (PEREIRA; FILHO, 2015).

Dessa forma, podemos tomar como exemplo a tensão medida por ele, que relaciona tempo gasto para carregar um capacitor, com o valor da *ddp* que se deseja obter. Durante o tempo que o capacitor leva carregando, uma contagem de ciclos é feita, até o capacitor estar carregado completamente com a *ddp* em questão. E o número de ciclos contabilizados é mostrado no *display*, que representa o valor da tensão mensurada (GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2016).

Para melhor entender como isso ocorre, pode-se supor que se um capacitor está carregando a 10 V/s com uma frequência base de 10 Hz , nesse caso calculando o período T igual ao inverso da frequência f , chegamos a $T = 1/f = 0,1 \text{ s}$. Então para aferir uma *ddp* de 8 V a 10 V/s é notável que o capacitor irá atingir 8 V em $0,8 \text{ s}$, ou seja, 8 ciclos vão ser contabilizados e mostrados no *display*.

O multimedidor em questão também é capaz de aferir corrente indiretamente, por meio da queda de tensão provocada pela passagem da corrente I através de um resistor, equivalente ao seu valor. Por exemplo, uma corrente $I = 20 \text{ A}$ percorrendo um resistor de 1Ω causa uma queda de tensão de 20 V e o valor exibido é proporcional à corrente. Lembrando que para medir a resistência, o inverso é verdadeiro, ao aplicarmos uma corrente I com valor constante de 20 A , uma *ddp* de 20 V será constatada indicando que um resistor de 1Ω está conectado ao dispositivo.

2.3 Conceitos Básicos da Plataforma Arduino

Nessa etapa do trabalho serão abordados alguns conceitos que são fundamentais para conhecer o Arduino e obter melhor entendimento em relação ao seu modo de funcionamento.

Segundo Martinazzo *et al.* (2014), a plataforma Arduino é composta por alguns componentes eletrônicos essenciais, tais como memória EPROM e RAM, e um processador, tudo contido em seu *chip*, também conhecido como microcontrolador. Este tem capacidade de interagir e controlar todos os pinos analógicos e digitais de entrada e saída da placa Arduino, e possui características parecidas com a de um computador convencional, com poder de processar e armazenar pequenos dados, mas com capacidade de processamento baixa.

A placa Arduino é um projeto *open source*, ou seja, qualquer pessoa ou empresa pode ter acesso ao projeto e fabricar esse dispositivo e vender, como é o caso da empresa fabricante de microcontroladores Atmel (PEREIRA; FILHO, 2015). Mas como todo dispositivo eletrônico, a placa Arduino precisa de tensão específica para operar, por isso um MOSFET regulador de tensão aceita uma variação de entrada de 7 V a 12 V e disponibiliza em sua saída uma tensão de 5 V, seu tamanho relativamente grande permite uma boa dissipação de calor para sua melhor eficiência.

O dispositivo aludido possui vários pinos, dentre eles alguns de força (*power*) como 3,3V (ou 3V3), 5V e 9V. Possui também o pino 0V, ou GND (*ground*), e um pino *reset* que possibilita resetar o dispositivo quando ligado a 0V. Os demais pinos são analógicos e/ou digitais.

Os pinos analógicos (entradas analógicas) representados de A0 a A5 (*analog in*), são usados para coletar dados, através da grande variedade de sensores que podem ser conectados. Os pinos digitais são localizados na placa pelas numerações de 0 a 13 e podem ser configurados como conexões de entrada e saída que fornecem tensão de 5 V com uma corrente $I = 40$ mA, quando ligadas, o que é suficiente para acionar LEDs e dispositivos de baixo consumo energético, mas não é capaz de acionar diretamente dispositivos com tensão superior (PEREIRA; FILHO, 2015).

O Arduino pode ser programado via *software* com linguagem de programação C++, quando conectado a um computador qualquer por meio de uma porta de conexão USB. O mesmo também pode ser usado distante do computador, já que permite salvar a programação em questão para ser executada ao iniciar o dispositivo.

2.4 Multimedidor de Plataforma Arduino

E encerrando a compreensão conceitual e teórica, vamos apresentar o multimedidor de plataforma Arduino, com suas características principais e funcionalidade. Este apresenta características de medições semelhantes ao multimedidor digital, devido sua forma indireta de medir grandezas elétricas.

Para um melhor entendimento, podemos tomar como referência o funcionamento de um dos sensores usados para aferir corrente na plataforma Arduino. O sensor ACS712 oferece três faixas de medições diferentes, de acordo com a sensibilidade do dispositivo em questão. Temos ACS712 nas faixas de medição de 5 A, 20 A e 30 A, com sensibilidades de 185 mV/A, 100 mV/A e 66 mV/A, respectivamente. Podemos afirmar que para o dispositivo de sensibilidade $S = 66 \text{ mV/A}$, cada variação de 66 mV equivale a uma corrente $I = 1 \text{ A}$. No caso de uma variação de 198 mV, teríamos uma corrente $I = 3 \text{ A}$, assim sucessivamente até sua faixa máxima de 30 A.

A plataforma Arduino, se programada adequadamente, possibilita a utilização de dois sensores diferentes, que para o caso do novo multimedidor será um de corrente e outro de tensão. Devido ao uso de dois sensores podemos aferir várias grandezas elétricas, de forma indireta, já que possuímos os valores obtidos de tensão e corrente. Relacionando esses valores podemos encontrar a potência que é dada pelo produto da corrente que passa no dispositivo pela *ddp* existente neste:

$$P = I \cdot U \quad (11)$$

E sua resistência, que pode ser obtida pela razão da tensão U pela corrente I do dispositivo, conforme a equação 2.

O *multitester* de plataforma Arduino também possui métodos de ligação semelhantes aos dispositivos de medição convencionais, sendo necessário conectar o aparelho eletrônico em série com o sensor de corrente e em paralelo com o sensor de tensão. Assim possibilitando adquirir os valores respectivos das grandezas elétricas em questão.

3 METODOLOGIA

Para a construção do presente estudo foram adotadas três bases metodológicas, teórica, experimental e análise comparativa de caráter qualitativo. Segundo Teodoro *et al.* (2012), uma pesquisa teórica é dedicada a reconstruir teorias e conceitos, com bases referenciais sólidas, buscando, em resumo, aprimorar os fundamentos teóricos já existentes. Exigindo rigidez conceitual, análise apurada, boa argumentação e desenvolvimento explicativo. E, de acordo com Baffi (2010), a pesquisa experimental é toda aquela que faz uso de algum tipo de experimento para fortalecer sua teoria. Já de acordo com Fachin (2001), análise comparada consiste em toda pesquisa que compara alguma coisa à outra já existente fazendo observações e constatações sobre suas semelhanças e diferenças. Que para o caso desse trabalho foi feita a comparação entre o dispositivo multimedidor desenvolvido nesta pesquisa aos multímetros comerciais.

É de valia salientar o caráter expositivo deste trabalho, após a construção do dispositivo. Bem como a intenção observacional, mediante exposição e aplicação do dispositivo. Sequências que vamos chamar de Fase I (bibliográfica), Fase II

(experimental) e Fase III (expositiva/observacional), são explicadas no decorrer do texto.

Inicialmente, Fase I, bibliográfica, realizou-se um levantamento dos principais conceitos que seriam abordados no decorrer do trabalho. Para fortalecer a abordagem teórica, uma pesquisa bibliográfica foi realizada, de acordo com as seguintes palavras-chave (ou termos-chave): Arduino, Ensino de Física, Multimetro. Sendo assim, foram levantados cerca de 20 (vinte) artigos e elencados tais teóricos bases, a citar: Fowler (2013); Bonjorno *et al.* (2016); Guimarães, Piqueira e Carron (2016).

Teóricos que trazem conceitos construtivos de eletricidade, tais como: corrente, tensão e potência elétricas. Também foi feito o estudo sobre linguagem e lógica de programação, dispositivos de medição analógicos, digitais e todos os componentes que os constituem, para adquirir fundamentos que facilitassem o desenvolvimento do multimetro de plataforma Arduino (FOWLER, 2013; BONJORNO *et al.*, 2016; GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2016).

Na Fase II, experimental, foi iniciada a montagem do *multitester*, sendo utilizados os materiais descritos na Tabela 1 e um multímetro digital com a finalidade de coleta de dados. Posteriormente, através dos dados coletados foi possível calibrar o dispositivo via *software*, como mostrado na Figura 1, para obter uma melhor precisão por meio de suas medidas. Já a Figura 2 apresenta o dispositivo montado.

Tabela 1 – Materiais utilizados para o desenvolvimento do dispositivo multimetro de grandezas elétricas de plataforma Arduino¹

Item	Descrição	Quantidade (Unidade)	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
01	Placa Arduino UNO	01	37,90	37,90
02	Sensor de Corrente DC ACS712	01	17,75	17,75
03	Sensor Medidor de Tensão DC a-25V DCT-eletronic	01	11,99	11,99
04	Cabo USB 2.0 A/B4	01	7,92	7,92
05	Jumper Macho/Macho	12	0,25	3,00
06	Cabo Ponta Jacaré	02	0,90	1,80
TOTAL				80,36

Fonte: PRÓPRIOS AUTORES (2021)

¹Valores obtidos na internet em fevereiro de 2021, cotação do dólar: US\$ 1,00 = R\$ 5,61.

Figura 1 – Código de programação do novo dispositivo

```

medidor_de_potencia | Arduino 1.8.14 Hourly Build 2021/01/29 11:33
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

medidor_de_potencia

const int sensorPin = A0;
float sensorValue = 0;
float currentValue = 0;
float voltsporUnidade = 0.0048875855327468;
float ruido = 0.00;
float R1 = 30000.0;
float R2 = 7500.0;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  for(int index =0; index<5000; index++){
    sensorValue = analogRead(sensorPin); // le o sensor no pino analogico A0
    sensorValue = (sensorValue -510)* voltsporUnidade; // ajusta o valor lido para volts começando da metade, ja que a saída do sensor é vcc/2 para corrente =0
    currentValue = sensorValue /66*1000; // a saída do sensor é 6 mV por amper
    delay(500/1000);
  }

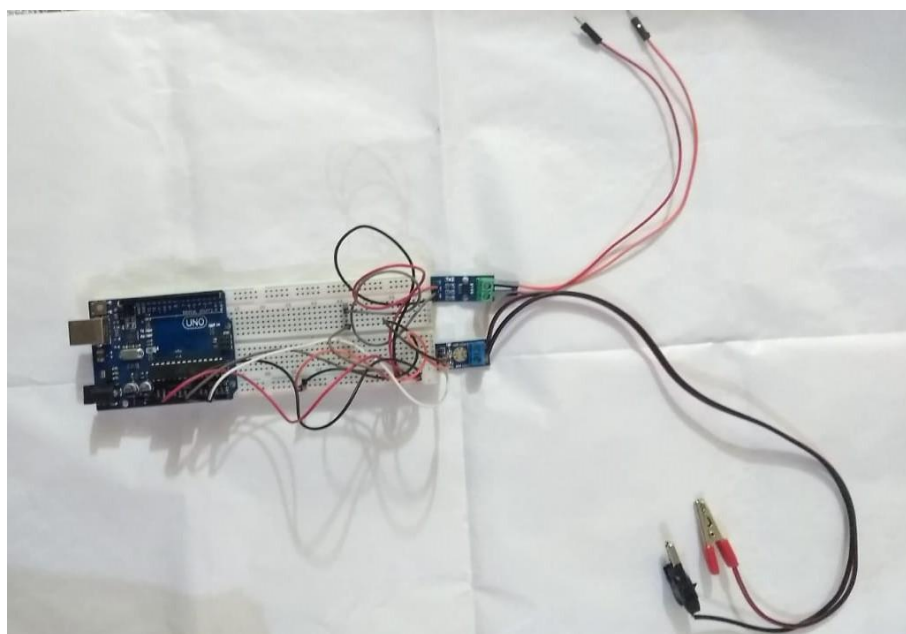
  float valueA3 = analogRead(A3);
  float SensorV = (valueA3 / ((R1+R2)/R2))/8;

  Serial.print("Tensao = ");
  Serial.print(SensorV);
  Serial.print(" V | ");
  currentValue = currentValue /5000;
  Serial.print("Corrente = ");
  currentValue = currentValue- ruido;
  Serial.print(currentValue, 2);
  Serial.print(" A | ");
  Serial.print("Potência = ");
  Serial.print(currentValue*SensorV);
  Serial.print(" W | ");
  Serial.print("Resistência = ");
  Serial.print(SensorV / currentValue);
  Serial.println(" ohms");
  delay(1000);
}

```

Fonte: PRÓPRIOS AUTORES (2021)

Figura 2 – Novo multimedidor de grandezas elétricas de plataforma Arduino montado



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES (2021)

Na Fase III, exposição/observação, foi feita a apresentação do dispositivo por meio dos materiais descritos na Tabela 2 em três turmas do Curso Técnico em Eletrotécnica do Instituto Federal de Pernambuco – IFPE *Campus* Pesqueira, no ano de 2019.

Tabela 2 – Materiais utilizados para exposição do dispositivo apresentado para as turmas do Curso Técnico em Eletrotécnica².

Item	Descrição	Quantidade (Unidade)	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
01	Novo Multimetro de Plataforma Arduino	01	80,36	80,36
02	Decade Resistor Box Minipa MDR-610	01	3.983,65	3.983,65
03	Multímetro Digital	03	130,00	390,00
04	Voltímetro Analógico	01	38,50	38,50
05	Amperímetro Analógico	01	66,00	66,00
06	Cabo Ponta de Prova Banana/Banana	06	8,98	53,88
07	Cabo Ponta de Prova Banana/Jacaré	04	9,66	38,64
08	Fonte de Tensão DC Minipa MPL-3303M	01	1.947,78	1.947,78
TOTAL				6.683,15

Fonte: PRÓPRIOS AUTORES (2021)

Inicialmente, foi feita uma revisão do conteúdo teórico, seguida da exposição do dispositivo multimetro. No Quadro 1 é possível observar a descrição das turmas de aplicabilidade do dispositivo, sendo elas citadas como turmas A, B e C.

Quadro 1 – Descrição das turmas de aplicabilidade do dispositivo multimetro de grandezas elétricas de plataforma Arduino

Turma A	Turma B	Turma C
Turma Extra de Fundamentos de Eletrotécnica 2; Curso: Médio Integrado em Eletrotécnica; Mês/Ano: 05/2019	Turma de Medidas Elétricas do 3º Período; Curso: Subsequente em Eletrotécnica; Mês/Ano: 05/2019	Turma de Medidas Elétricas do 6º Período; Curso: Subsequente em Eletrotécnica; Mês/Ano: 05/2019

Fonte: PRÓPRIOS AUTORES (2021)

Ainda na Fase III, a questão observacional do estudo foi realizada através de um diário de campo. Para Oliveira (2014), tal ferramenta metodológica é tida como lugar de registro do comportamento dos sujeitos em um determinado espaço físico, leitura de movimentos e observações gerais que ocorrerem durante a aplicabilidade do que é exposto. Demo (2012) complementa dizendo que o analista qualitativo é um

²Valores obtidos na internet em fevereiro de 2021 de todos os itens necessários para fazer testagem e exposição, sendo os itens de 02 a 08 pertencentes ao laboratório do IFPE Campos Pesqueira, cotação do dólar: US\$ 1,00 = R\$ 5,61.

observador do que é ou não é dito. Nesse contexto, o diário de campo surge como ferramenta poderosa para análise de interesse do discente ao que está sendo exposto em aula.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

Buscando seguir uma explicação pautada nas Fases I, II e III, apresentadas na metodologia deste trabalho, que possibilitou uma organização temporal do desenvolvimento do multimedidor até sua aplicação em sala, as discussões e análises da pesquisa serão feitas em três tópicos sequenciais.

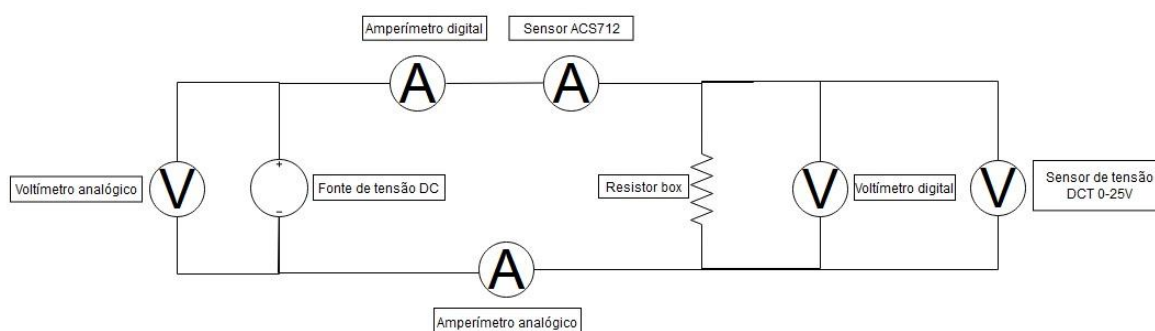
4.1 Precisão da Aferição de Medidas Elétricas com Microcontrolador de Plataforma Arduino

Nesse primeiro tópico iremos abordar aspectos precisos sobre o funcionamento do dispositivo desenvolvido durante a pesquisa, comparando dados de aferição do multimedidor desenvolvido com os já existentes, a fim de comprovar sua efetividade.

Souza (2020) pontua dizendo que o multímetro é um instrumento que viabiliza a aferição de diversas grandezas elétricas, tais como: tensão (voltímetro) e corrente (amperímetro). Grandezas essas, aferidas e constatadas através de testes de funcionamento e comparação.

Buscando a efetivação dos testes, foi feita a montagem do circuito, utilizando todos os dispositivos citados na Tabela 2, todos devidamente interligados como mostrado na Figura 3.

Figura 3 – Diagrama do circuito montado para teste do novo dispositivo



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES (2021)

Logo depois da montagem dos componentes do novo dispositivo, foi possível perceber que os resultados obtidos por este durante o teste, quando comparado com os três multímetros citados na Tabela 2, nos quais funcionavam como voltímetro e amperímetro, se mostrou preciso, dados vistos na Tabela 3, bem como na Figura 4.

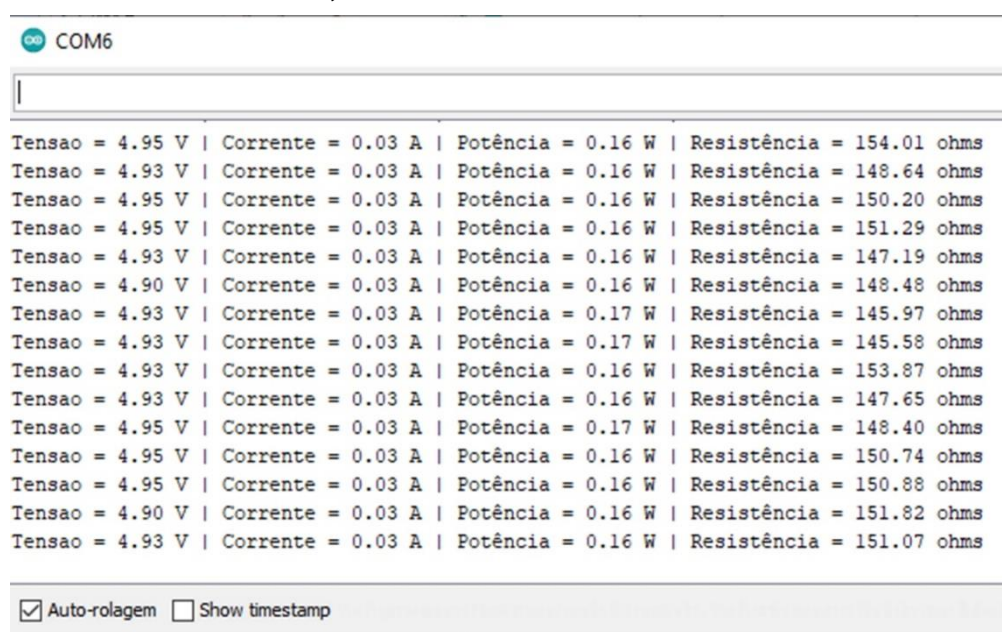
Para compararmos dados, a fim de evidenciar a efetividade do novo multimedidor, a Tabela 4 e Figura 5 mostram os dados obtidos em testes com multimedidores convencionais.

Tabela 3 – Dados obtidos pelo dispositivo desenvolvido, multimedidor de grandezas elétricas

Aplicando uma <i>ddp</i> de 10V para $R = 100\Omega$	Aplicando uma <i>ddp</i> de 10V para $R = 500\Omega$	Aplicando uma <i>ddp</i> de 5V para $R = 150\Omega$
$U = 9,95V$	$U = 9,95V$	$U = 4,95V$
$I = 0,10A$	$I = 0,02A$	$I = 0,03A$
$R = 99,50\Omega$	$R = 497,50\Omega$	$R = 150,88\Omega$
$P = 0,99W$	$P = 0,19W$	$P = 0,16W$

Fonte: PRÓPRIOS AUTORES (2021)

Figura 4 – Dados obtidos, em um dos testes, a partir do software da plataforma Arduino, utilizando o novo multimedidor



```

COM6
Tensao = 4.95 V | Corrente = 0.03 A | Potência = 0.16 W | Resistência = 154.01 ohms
Tensao = 4.93 V | Corrente = 0.03 A | Potência = 0.16 W | Resistência = 148.64 ohms
Tensao = 4.95 V | Corrente = 0.03 A | Potência = 0.16 W | Resistência = 150.20 ohms
Tensao = 4.95 V | Corrente = 0.03 A | Potência = 0.16 W | Resistência = 151.29 ohms
Tensao = 4.93 V | Corrente = 0.03 A | Potência = 0.16 W | Resistência = 147.19 ohms
Tensao = 4.90 V | Corrente = 0.03 A | Potência = 0.16 W | Resistência = 148.48 ohms
Tensao = 4.93 V | Corrente = 0.03 A | Potência = 0.17 W | Resistência = 145.97 ohms
Tensao = 4.93 V | Corrente = 0.03 A | Potência = 0.17 W | Resistência = 145.58 ohms
Tensao = 4.93 V | Corrente = 0.03 A | Potência = 0.16 W | Resistência = 153.87 ohms
Tensao = 4.93 V | Corrente = 0.03 A | Potência = 0.16 W | Resistência = 147.65 ohms
Tensao = 4.95 V | Corrente = 0.03 A | Potência = 0.17 W | Resistência = 148.40 ohms
Tensao = 4.95 V | Corrente = 0.03 A | Potência = 0.16 W | Resistência = 150.74 ohms
Tensao = 4.95 V | Corrente = 0.03 A | Potência = 0.16 W | Resistência = 150.88 ohms
Tensao = 4.90 V | Corrente = 0.03 A | Potência = 0.16 W | Resistência = 151.82 ohms
Tensao = 4.93 V | Corrente = 0.03 A | Potência = 0.16 W | Resistência = 151.07 ohms
  
```

Auto-rolagem Show timestamp

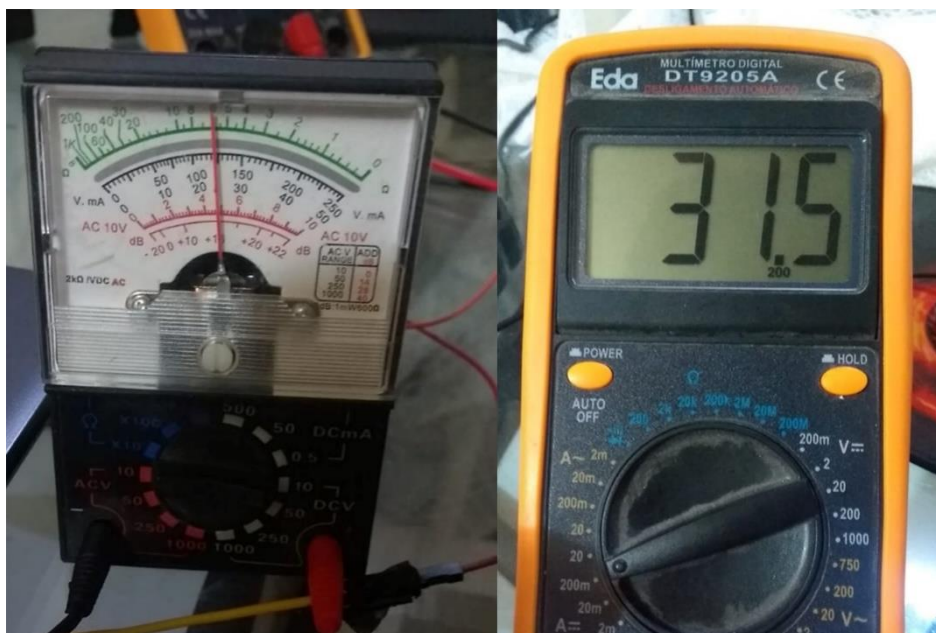
Fonte: PRÓPRIOS AUTORES (2021)

Tabela 4 – Dados obtidos com multimedidores convencionais

Multímetro: Hikari, HM-2010 para tensão/ Multímetro: Minipa, ET-1002 para corrente	Multímetro: Hikari, HM-2010 para tensão/ Multímetro: Minipa, ET-1002 para corrente	Multímetro: Eda, DT9205A/ Multímetro analógico
$U = 10,00V$	$U = 10,00V$	$U = 5,00V$
$I = 00,10A$	$I = 00,02A$	$I = 0,03A$

Fonte: PRÓPRIOS AUTORES (2021)

Figura 5 – Dados obtidos, em um dos testes, com multimetror digital (Eda – DT9205A) e um multimetror analógico



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES (2021)

Após tais testes, comparações e observações, é possível notar, comparando a Tabela 3 e a Tabela 4, bem como a Figura 4 e a Figura 5, os valores iguais ou aproximados entre o novo multimetror e os convencionais, possibilitando sua confiabilidade de aferição.

Foi possível perceber uma pequena variação de tensão e corrente elétrica nas escalas de $\pm 50mV$ e $\pm 10mA$, variações essas irrelevantes para medições em maiores escalas. Por meio disso, provando que o *multitester* de grandezas elétricas de plataforma Arduino é tão preciso quanto os dispositivos comerciais já existentes.

Tais mínimas variações são observadas em todos os experimentos que envolvem multímetros digitais. O autor aponta que não foi criada uma possibilidade de lidar com tal situação nos resultados, mas que tal fato não altera a confiabilidade dos dados, desde que seja em pequena escala (PEREIRA; FILHO, 2015).

4.2 Novo Dispositivo em Relação ao Multímetro Convencional: Aspectos Positivos

Contribuindo para a sequência da alínea 4.1, iremos continuar discutindo a respeito do multímetro desenvolvido durante essa pesquisa, análogo a multímetros já existentes em mercado, fazendo comparações entre estes, com relação a dados, variantes de preços e custo-benefício.

Nesse sentido, após os testes feitos, foi notório que o Multimetror de plataforma Arduino possui alguns pontos bastante positivos em relação aos multiaferidores convencionais, como podemos observar na Tabela 3 e Tabela 4. Por exemplo, para medir todas as grandezas do dispositivo mencionado na Tabela 3 seria necessário o

auxílio de quatro dispositivos diferentes, todos devidamente ligados simultaneamente em suas faixas de medição.

Sendo assim, podemos elencar sua praticidade nesse aspecto, como sendo algo notável. E ainda é válido citar que o dispositivo oferece a possibilidade de ser usado por meio de um computador, celular ou até mesmo possibilita acoplar algum módulo para armazenar os dados aferidos apenas com o dispositivo ligado por uma bateria de 9V (RAMOS; ANDRADE, 2016).

Nesse ínterim, Silveira e Girardi (2017) citam o baixo custo da plataforma Arduino, e fortalecem, enaltecendo a sua programação simples, sua versatilidade e diversidade de informações disponíveis, tanto na rede mundial como na página oficial, com temas variados.

Outro ponto positivo do novo multimedidor é o baixo custo, que, após somatização de valores unitários das peças usadas, que pode ser observado na Tabela 1, é possível desenvolvê-lo com um valor total de R\$ 80,36. Já apenas um multimedidor convencional de qualidade mediana custa em média R\$ 130, considerando o que já foi dito, sendo necessário quatro deles para fazer a mesma função do novo multimedidor.

Sanchez, Alvarez e Lazo (2020) elucidam a importância de buscar um desenvolvimento e aplicação de tais circuitos de aferição, garantindo baixo custo, eficácia máxima, com menor margem de erro permitidos, buscar exatidão, qualidade e economia de recursos para sua construção, garantido o funcionamento proposto, traz a perfeição de um desenvolvimento efetivo e com custo-benefício extremamente notável. Como o ocorrido no desenvolver deste novo multímetro.

4.3 Observação do Nível de Interação e Participação dos Alunos Durante a Aula Teórico-expositiva

Durante a explanação deste tópico, iremos entender a contribuição do dispositivo multimedidor no binômio ensino-aprendizagem, por meio de uma observação, datada em diário de campo, sobre o nível de interação e participação dos alunos envolvidos, durante a aula teórico-expositiva da qual participaram.

Bem como já descrito, vamos chamar as turmas participantes de A, B e C. Estas seguiram uma sequência de pesquisa/ação em aula, onde, inicialmente foi realizada uma revisão dos conteúdos de eletromagnetismo, princípios de funcionamento do galvanômetro, amperímetro, voltímetro e multímetros analógicos e digitais. Numa exposição teórica necessária, já que, por ser uma disciplina complexa, para uma efetivação do entendimento do que seria exposto na sequência.

O ensino-aprendizado na física, percorre dificuldades, seja ela de aprofundamento em entendimento teórico, ou dificuldade de interação do aluno. Oliveira (2018), contribui dizendo que a efetivação do aprendizado é concedida quando o discente é

inserido no contexto acadêmico em todas suas faces, aqui representadas como a teoria aliada a exposição/prática.

Nesse sentido, deu-se sequência a exposição, primeiramente com uma explicação sobre a forma de utilização dos dispositivos citados anteriormente, seguido da apresentação do dispositivo a ser trabalhado em aula, o multimedidor de plataforma Arduino. Este foi apresentado em uma bancada, onde foi possível demonstrar os dispositivos de medição analógicos e digitais fazendo as aferições em tempo real. Os equipamentos utilizados nessa demonstração são apresentados na Tabela 2.

Neste trabalho, o Arduino surge como uma plataforma opcional no alcance de dados em experimentos didáticos de física, utilizando-se de novas tecnologias como computadores. Esse enfoque tecnológico vem sendo inserido em sala de aula, visando fortalecer as aulas tradicionais e aproximar o aluno do material, despertando interesse e interação (MARTINAZZO *et al.*, 2014).

Após exposição do dispositivo, o *multitester* foi acionado, mostrando assim sua funcionalidade aferindo as medidas elétricas, e comparando os valores aferidos pelos medidores convencionais ao de plataforma Arduino. Tal comparação gerou notável interesse, sendo possível observar a mudança de comportamento dos alunos durante a transição entre a parte da revisão teórica de conceitos básicos, para a exposição e aplicação do novo dispositivo.

Oliveira e Pereira (2020) reforçam essa tese ao discutirem que trazer o estudante para participar do processo, tirando-o do tradicional, ou mesclando ambas as coisas, possibilita o interesse pela abordagem.

Esse processo de abordagem foi observado e datado em diário de campo, quando, no decorrer do funcionamento do multimedidor algumas perguntas recorrentes relacionadas ao funcionamento deste surgiram. Destas, três perguntas foram realizadas com mais frequência, sendo: (1) Esse dispositivo consegue fazer o papel simultaneamente de todos os outros multímetros na bancada? (2) As grandezas aferidas pelo *multitester* de plataforma Arduino poderiam ser visualizadas apenas pelo computador? (3) Quantas grandezas elétricas são possíveis aferir ao mesmo tempo usando o novo dispositivo?

As dúvidas foram respondidas, facilitando o diálogo entre discente e docente. Bem como aprofundando interesses sobre o tema que surgiam nesse diálogo. Além das perguntas citadas, a postura e interesse dos alunos também facilitou o decorrer da aula. Foi possível observar alunos com postura mais alerta, foco na tela de aferição, interesse pela discussão de dados. Fatos evidenciados na Figura 6.

Figura 6 – Testagem/exposição do novo Multimedidor, com alunos da turma A



Fonte: PRÓPRIO AUTOR (2021).

Barbosa *et al* (2017) fortalecem essa colocação afirmando que aulas com elementos inovadores e tecnológicos tornam a aprendizagem significativa, desmistificando que a Física é uma disciplina impossível.

Mediante a confirmação verbal desses estudantes a respeito de um melhor entendimento sobre os conceitos elétricos abordados, e o funcionamento do novo multimedidor, isso tudo possível por meio do resultado que o novo dispositivo mostrou, ficou verbalizado a preferência dos alunos pelo *multitester* desenvolvido durante essa pesquisa, por ser mais prático.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se através do desenvolvimento do multimedidor de grandezas elétricas de plataforma Arduino, que este mostrou-se tão preciso quanto os dispositivos comerciais já utilizados, além de ser uma boa opção para ser usado em aulas laboratoriais, poupando assim da necessidade de utilizar vários multímetros ao mesmo tempo.

De tal forma mostrando-se mais prático, por se tratar de um dispositivo sofisticado e simples, tornando-se assim uma ferramenta atrativa para o ensino e aprendizagem da Física, despertando a curiosidade dos alunos para as novas tecnologias, mediante a possibilidade de uso do mesmo através de computadores, tablets/celulares. Lembrando que para usar este por celular (*smartphone*) ou *tablet* seriam necessários mais alguns itens, não utilizados no dispositivo descrito nessa pesquisa. Também pontuando seu valor de custo bem menor que os *multitesters* de qualidade mediana referente à precisão de aferição.

Como fatores que dificultaram a pesquisa, a escassez de trabalhos científicos atuais, com contribuições acadêmicas nos últimos cinco anos. O que formula duas

linhas, a de caráter de ineditismo deste trabalho, bem como a necessidade de abordagem dessa temática na academia, na atualidade. Também é possível citar a falta de investimento para a utilização desses dispositivos facilitadores da aprendizagem em sala de aula. Podendo, este ser um dos motivos para a não adesão de discentes a esse tipo de pesquisa, que visa desenvolver e aplicar dispositivos, ou seja, trabalhos de metodologia experimental.

Dando continuidade, é possível ainda citar enquanto acadêmico/pesquisador, sobre a necessidade de adquirir conceitos na área da programação/automação, conceitos esses que facilitaram a comunicação entre professor e discentes, despertaram o interesse dos alunos durante a exposição do trabalho em sala de aula, para essa área do conhecimento, porém esses assuntos não são trazidos pela matriz curricular do curso de Licenciatura em Física, algo que poderia ser pensado como mudança futura para o aprimoramento do discente pesquisador.

REFERÊNCIAS

BAFFI, Maria Adelia Teixeira. Modalidades de pesquisa: um estudo introdutório. **Pedagogia em Foco**: Petrópolis, 2010.

BARBOSA, Felipe Araújo; MACHADO, Caciana Barreto Hygino; JÚNIOR, Edmundo Rodrigues; LINHARES, Marília Paixão. Abordagem “Ciência, Tecnologia e Sociedade” (CTS) no ensino de Física: uma proposta na formação inicial de professores. **Revista Ensino & Pesquisa Multidisciplinar de Licenciatura e Formação Docente**, v. 15, n. 1, p. 158- 178, 2017.

BONJORNO, José Roberto; RAMOS, Clinton Marcico; PRADO, Eduardo de Pinho; BONJORNO, Valter; BONJORNO, Mariza Azzolini; CASEMIRO, Renato; BONJORNO, Regina de Fátima Souza Azenha. **Física: eletromagnetismo e física moderna**. 3. ed. São Paulo: FTD, 2016. 274 p.

CARVALHO, Alexandre Tadeu Gomes de; SILVA, Luiz Vitória Fernandes da; NEVES, Álvaro José Magalhães; CARVALHO, Regina Simplício. Análogos para resistência e resistividade elétrica. XXIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 23., 2019, **Anais...** Salvador, Bahia: SNEF, 2019. 8 p.

COSTA, Lucas Mota; BONATTO, Nathalia Karolinna; KIESSOW, Alysson Rabelo; PALCHA, Leandro Siqueira. Os conflitos no processo de ensino-aprendizagem. III Simpósio de Licenciaturas em Ciências Exatas e Computação: os desafios em tempos de modernidade, 3., p. 41-42, 2019, **Anais...** Pontal do Paraná, Paraná: Prograd, 2019. 95 p. Disponível em: <http://slec.ufpr.br/br/anais2019.html>. Acesso em: 20 dez. 2020.

DEMO, Pedro. **Pesquisa e informação qualitativa: aportes metodológicos**. 5. ed. Campinas, SP: Papirus, 2012.

- DIAS, Ana Carolina Lucena; SOUZA, Gabriela Ferreira Ramiro de; CRUZ, Frederico Alan de Oliveira. Comunicação alternativa no ensino de física: uma proposta de abordagem de eletricidade. **Reiec**, Buenos Aires, v. 13, n. 1, p. 15-23, jul. 2018.
- FACHIN, Odilia. **Fundamentos de metodologia**. 5. Ed. Saraiva, 2001. 209 p.
- FOWLER, Richard. **Fundamentos de eletricidade**: corrente contínua e magnetismo. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 224 p.
- GUIMARÃES, Osvaldo; PIQUEIRA, José Roberto; CARRON, Wilson. **Física**: eletromagnetismo e física moderna. 2. ed. São Paulo: Ática, 2016. 379 p.
- HALLIDAY, David; WALKER, Jearl; RESNICK Robert. **Fundamentos de Física**: eletromagnetismo. 10ª ed. Rio de Janeiro. Editora LTC. 2016, 1332 p.
- LIMA, Donizete Franco. A Importância da sequência da didática como metodologia no ensino da disciplina de física moderna no ensino médio. **Revista Triângulo**, Uberaba, MG, v. 11, n. 1, p. 151-162, abr. 2018.
- MARTINAZZO, Claudomir Antônio; TRENTIN, Débora Suelen; FERRARI, Douglas; PIAIA, Matheus Matiasso. Arduíno: Uma tecnologia no ensino de física. **Perspectiva**, Erechim, v. 38, n. 143, p. 21-30, set. 2014.
- MOREIRA, Michele Maria Paulino Carneiro. Contribuições do Arduino no ensino de Física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 35, n. 3, p. 721-745, dez. 2018.
- OLIVEIRA, Rita de Cássia Magalhães de. (Entre)linhas de uma pesquisa: o diário de campo como dispositivo de (in)formação na/da abordagem (auto)biográfica. **Revista Brasileira de Educação de Jovens e Adultos**, Bahia, v. 2, n. 4, p. 69-87, dez. 2014.
- OLIVEIRA, Samuel. Utilização do índice de bulbo úmido e termômetro de globo no ensino de transferência de calor para cursos de graduação na área de exatas. **ForScience: revista científica do IFMG**, Formiga, v. 6, n. 3, jul./dez. 2018.
- OLIVEIRA, Samuel de; PEREIRA, Frederico Pablo Zaru. Ensino de eletricidade básica utilizando a abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade: um relato de experimento. **Revista Interdisciplinar de Tecnologias e Educação**. Bambuí, v. 6, n. 1, p. 1-14, jul. 2020.
- PEREIRA, Elielson Soares; FILHO, Zwinglio de Oliveira Guimaraes. Covariâncias em medições com multímetros digitais. XXI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 21., 2015, **Anais...** São Paulo. São Paulo: SNEF, 2015. 8 p.
- RAMOS, Matheus Cotim; ANDRADE, Valcimar Silva. Desenvolvimento, construção e calibração de uma central de monitoramento de consumo de energia elétrica e de água utilizando o microcontrolador Arduino. **Revista Produção e Desenvolvimento**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 39-50, jan./abr. 2016.

SANCHEZ, Alberto Cruz; ALVAREZ, Angel David Guevara; LAZO, Luis Téllez. Multímetro Didático para a Disciplina de Circuitos Elétricos. **Revista Electrónica Kulongesa – Tes: (Tecnologia – Educação – Sustentabilidade)**, Angola, v. 2, n. 1, p. 93-103, mar. 2020.

SANTOS, José Carlos dos; DICKMAN, Adriana Gomes. Experimentos reais e virtuais: proposta para o ensino de eletricidade no nível médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Brasil, v. 41, n. 1, p. 1-12, jul. 2018.

SILVEIRA, Sérgio; GIRARDI, Mauricio. Desenvolvimento de um kit experimental com Arduino para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 39, n. 4, p. 1-7, abr. 2017.

SOUZA, Roberto Wanderley de. **Uma sequência didática para o uso do multímetro como uma ferramenta na aprendizagem de medidas elétricas no ensino médio**. 2020. 143 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Física, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2020.

TEODORO, Jocelino Donizetti; CATAPAN, Anderson; BARROS, Cláudio Marcelo Edwards; SCHERER, Luciano Márcio. Valor adicionado: tendências metodológicas adotadas no período 1970-2010. **Revista Ambiente Contábil**, Natal-RN, v. 4, n. 2, p. 132-148, dez. 2012.