

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Cícero Jailton de Moraes Souza

O ARDUINO E O VISUAL BASIC COMO RECURSOS DIDÁTICOS NA PRÁTICA
EXPERIMENTAL PARA O ENSINO DE ELETROSTÁTICA E PRIMEIRA LEI DE OHM

Maceió

2017

Cícero Jailton de Moraes Souza

O ARDUINO E O VISUAL BASIC COMO RECURSOS DIDÁTICOS NA PRÁTICA
EXPERIMENTAL PARA O ENSINO DE ELETROSTÁTICA E PRIMEIRA LEI DE OHM

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física do Instituto de Física da Universidade Federal de Alagoas, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Prof. Dr. Elton Malta Nascimento

Maceió

2017

Catlogação na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central

Bibliotecário Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale

- S719a Souza, Cícero Jailton de Morais.
O arduino e o visual basic como recursos didáticos na prática experimental para o ensino de eletrostática e primeira lei de Ohm / Cícero Jailton de Morais Souza. – 2017.
161f. : il.
- Orientador: Elton Malta Nascimento.
Dissertação (Mestrado Profissional em Física) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Física. Programa de Pós Graduação de Mestrado Nacional Profissional em Física, 2017.
- Bibliografia: f. 126-129.
Apêndices: f. 130-161.
1. Vygotsky, L. S. (Lev Semenovich), 1896-1934. 2. Física – Estudo ensino. 3. Tecnologia – Ensino e aprendizagem. 4. Arduino. 5. Visual basic (Programa de computador). 6. Eletrostática. I. Título.

CDU: 53:372

Folha de Aprovação

Autor: Cícero Jailton de Moraes Souza

O ARDUINO E O VISUAL BASIC COMO RECURSOS DIDÁTICOS NA PRÁTICA
EXPERIMENTAL PARA O ENSINO DE ELETROSTÁTICA E PRIMEIRA LEI DE OHM

Orientador:

Prof. Dr. Elton Malta Nascimento

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física do Instituto de Física da Universidade Federal de Alagoas, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:



Prof. Dr. Elton Malta Nascimento



Prof. Dr. Pedro Valentim dos Santos



Prof. Dr. Carloney Alves de Oliveira

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, professor Elton Malta Nascimento, pela paciência, compreensão e apoio, e pelas importantes dicas e ideias que enriqueceram este trabalho.

A minha família, em especial meus pais, sem eles jamais teria conseguido chegar aonde cheguei.

A minha “querida” noiva July, companheira de todos os momentos, minha maior incentivadora e o meu grande amor.

Ao meu amigo Ibson, que dividiu comigo várias horas de viagens cansativas, e várias horas de estudo e discussões produtivas.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano – *campus* Salgueiro, por todo apoio dado durante o decorrer deste trabalho.

A todos os professores que fazem parte do quadro docente do Mestrado Profissional em Ensino de Física – Polo Universidade Federal de Alagoas (UFAL), pelas importantes contribuições que deram à minha formação.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida.

RESUMO

A tecnologia e a prática experimental são indissociáveis do ensino de física. Porém, a partir das ideias de Vygotsky, é preciso compreender que apenas as práticas experimentais e a tecnologia por si só, não são o único requisito para que o aluno aprenda um determinado conteúdo, uma vez que é necessária a presença constante do professor como um mediador. Nesta pesquisa partimos deste pressuposto para investigar como a experimentação aliada à tecnologia pode ser importante no aprendizado e na motivação dos estudantes. Nesta dissertação apresentamos a implementação em sala de aula de um produto educacional, baseado no microcontrolador Arduino e na linguagem de programação Visual Basic, na prática experimental da disciplina de física, mais especificamente nos conteúdos de eletrostática e primeira lei de Ohm. As aplicações ocorreram em duas turmas do terceiro ano do ensino médio integrado de Edificações do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano – *campus* Salgueiro. Utilizamos uma metodologia de pesquisa qualitativa (interpretativa) para desenvolvimento e análise das intervenções realizadas e dos resultados. Realizamos uma análise cuidadosa do comportamento dos alunos durante a realização da atividade proposta e, para nível de comparação, também analisamos os relatórios produzidos após as práticas para estabelecer um paralelo entre as discussões e respostas obtidas no instante da atividade experimental e após a mesma. A partir dos dados obtidos durante as aplicações e através dos relatórios, pudemos perceber que é necessária a presença do professor durante toda a experimentação, interferindo de forma pontual, observando o desempenho dos alunos e fazendo questionamentos que os levem a repensar os conteúdos estudados de forma prática. Além disso, também percebemos que os estudantes demonstraram muito interesse pelos experimentos realizados, de maneira que aparentam maior motivação para aprender a partir de práticas como as realizadas neste trabalho.

Palavras-chave: Ensino de Física, Tecnologias, Experimentação, Arduino, Visual Basic, Eletrostática, Primeira Lei de Ohm, Vygotsky.

ABSTRACT

The technology and experimental practice are inseparable from physics education. However, from Vygotsky's ideas, one must understand that only the experimental practices and the technology alone are not the only requirement for the student to learn certain contents, it is required the constant presence of the teacher as a mediator. In this research, we start from this assumption to investigate how the experimentation allied to the technology can be important in the learning and the motivation of the students. In this master's thesis, we present the classroom implementation of an educational product based on Arduino microcontroller and Visual Basic programming language, in the experimental practice of physical discipline, more specifically in electrostatic and first Ohm's law. Applications occurred in two groups of the third year of Technical Medium Teaching Professional in Building of the Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano — *campus* Salgueiro. We used a qualitative (interpretative) research methodology for the development and testing of interventions and results. We conducted a careful analysis of the students' behavior during the realization of the proposed activity, as comparison, we also analyzed the reports produced after the practices to establish a parallel between the discussions and the responses received at the time of activity and after it. From the data obtained during the applications and through the reports, we can see that the presence of the teacher throughout the experiment is necessary, interfering in a precise way and observing student performance and making questions that lead students to rethink the contents studied in a practical way. In addition to this, we also noticed the students showed great interest in the experiments carried out, so that they appear to be more motivated to learn from practices such as those carried out in this work.

Keywords: Physics Education, Technologies, Experimentation, Arduino, Visual Basic, Electrostatic, First Ohm's Law, Vygotsky.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - IDE do Arduino.	31
Figura 2 - Esquema de componentes do Arduino.	32
Figura 3 - Diagrama eletrônico do Arduino.	33
Figura 4 - “Imagens para 18 músicos” é um desempenho visual ao vivo realizado em conjunto com uma orquestra formada por 18 músicos. Foi realizada no Ars Electronica Festival em 2004, no Brucknerhaus em Linz, Áustria. Reas realizou os desenhos no palco com os músicos e o maestro Dennis Russell Davies.	35
Figura 5 - A primeira versão, ainda “caseira”, do Arduino. Ainda possuía conexão porta paralela (CAMPUS PARTY, n. d.).	36
Figura 6 – Aumento de buscas pelo termo “Arduino” no Google segundo o Google Trends.	37
Figura 7 – Capas do PSSC (à esquerda) e do Livro 1 de Eletricidade do PEF (à direita).	43
Figura 8 – Esquema de conexão de um computador a uma placa de aquisição e a um sensor de temperatura.	49
Figura 9 - Eletroscópio de folhas.	62
Figura 10 - Diagrama do circuito do eletroscópio.	64
Figura 11 - Diagrama do circuito do eletroscópio com o Arduino e sensores.	65
Figura 12 - Diagrama do circuito do eletroscópio com o Arduino e sensores.	66
Figura 13 - Eletroscópio com Arduino e sensores.	67
Figura 14 - Esquema para um FET de canal n e tensões $V_{GS} = 0$ (à esquerda) e $V_{GS} < 0$ (à direita).	68
Figura 15 – Print de uma tabela do datasheet do componente BF245C, contendo as características elétricas do mesmo.	69
Figura 16 – Vista de cima do elemento fotocondutivo com o eletrodo metálico.	70
Figura 17 – Curva de resposta do LDR em relação à luminosidade.	71
Figura 18 - Sensor DHT-11 e seus pinos de ligação.	72
Figura 19 - <i>Software Eletroscópio</i> , desenvolvido em Visual Basic .Net 2010.	73
Figura 20 - Gráfico obtido no <i>software Eletroscópio</i> , representando a descarga de uma régua.	75
Figura 21 - Série triboelétrica. Os materiais que estão mais acima tendem a perder elétrons quando atritados com outros que se encontram mais abaixo.	76
Figura 22 - Montagem simples para verificação da primeira lei de Ohm.	77

Figura 23 - Gráfico da Tensão X Corrente (à esquerda) e da Potência X Corrente (à direita).	78
Figura 24 - Montagem para verificação da primeira lei de Ohm com Arduino.	79
Figura 25 - Resistores utilizados: (da esquerda para a direita) resistor industrial de filme de carbono, resistor feito a partir de resina epóxi e lã de aço, e resistor de grafite retirado de lápis comum.	80
Figura 26 - Ilustração da montagem para o experimento Primeira Lei de Ohm: o potenciômetro R' e o resistor de controle r se encontram, na realidade sobre um pequeno pedaço de fenolite. O resistor R simboliza os três tipos de resistores utilizados.	80
Figura 27 - Itens utilizados no experimento (da esquerda para direita): placa fenolite com potenciômetro, resistor de controle e fios de conexão; resistores utilizados; e placa Arduino com cabo USB e cabos com garras jacaré.	81
Figura 28 - Software Primeira Lei de Ohm, desenvolvido em Visual Basic .Net 2010.	82
Figura 29 - Segunda janela do software Primeira Lei de Ohm, onde podem ser obtidos os gráficos de Tensão X Corrente (como é o caso da figura) e Potência X Corrente.	83
Figura 30 - Gráficos de Tensão X Corrente (acima) e Potência X Corrente (abaixo) obtidos através do software Primeira Lei de Ohm para um resistor de filme de carbono.	85
Figura 31 - Gráficos de Tensão X Corrente (acima) e Potência X Corrente (abaixo) obtidos através do software Primeira Lei de Ohm para um resistor de epóxi e lã de aço.	86
Figura 32 - Gráficos de Tensão X Corrente (à esquerda) e Potência X Corrente (à direita) obtidos através do software Primeira Lei de Ohm para um resistor de grafite de lápis comum.	87
Figura 33 - Alunos atritando a régua com o papel toalha e esperando ela descarregar.	94
Figura 34 - Alunos realizando a atividade prática do experimento “Eletroscópio Eletrônico com Arduino”.	96
Figura 35 - Alunos observando a captura de dados no computador no experimento “Eletroscópio Eletrônico com Arduino”.	97
Figura 36 - Aluno aproximando as mãos carregadas da antena do eletroscópio e apagando o LED.	98
Figura 37 - Alunos utilizando o <i>software</i> produzido em Visual Basic .NET 2010 na aplicação do experimento “Primeira Lei de Ohm com Arduino”.	99
Figura 38 - Grupos realizando as medidas da aplicação “Primeira Lei de Ohm com Arduino”.	100
Figura 39 - Tabela com os valores de tensão, corrente, resistência e potência, analisados pelo GRUPO 1B.	111

Figura 40 - Gráfico de tensão x corrente do GRUPO 1B.....	112
Figura 41 - Gráfico de potência x corrente do GRUPO 1B.....	112
Figura 42 - Gráficos de tensão x corrente (à esquerda) e potência x corrente (à direita) de um resistor de filme de carbono, obtidos pelo GRUPO 2B.....	114
Figura 43 - Gráficos de tensão x corrente (à esquerda) e potência x corrente (à direita) de um resistor de resina epóxi e lã de aço, obtidos pelo GRUPO 2B.	115
Figura 44 - Gráficos de tensão x corrente (à esquerda) e potência x corrente (à direita) de um resistor de grafite, obtidos pelo GRUPO 2B.	115
Figura 45 - Gráficos de tensão x corrente (acima) e potência x corrente (abaixo) de um resistor de filme de carbono, obtidos pelo GRUPO 3B.....	117
Figura 46 - Gráficos de tensão x corrente (acima) e potência x corrente (abaixo) de um resistor de resina epóxi e lã de aço obtidos pelo GRUPO 3B.	118
Figura 47 - Gráficos de tensão x corrente (acima) e potência x corrente (abaixo) de um resistor de grafite obtidos pelo GRUPO 3.....	119

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Preços dos componentes para uma montagem do experimento “Eletroscópio com Arduino”.....	88
Tabela 2 - Preços dos componentes para uma montagem do experimento “Primeiro Lei de Ohm com Arduino”.....	89

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADC	Analog to digital converter
ALU	Arithmetic Logic Unit
BASIC	Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CDs	Compact Discs
CPU	Central Processing Unit
DNA	Deoxyribonucleic Acid
DSL	Dominium Specific Language
EAD	Educação a Distância
EUA	Estados Unidos da América
FET	Field Effect Transistor
GNU	GNU isNot Unix
GPL	General Public Licence
GUI	Graphical User Interface
ICSP	In-Circuit Serial Programming
IDE	Integrated Development Environment
IF Sertão	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano
LDR	Light Dependent Resistor
LED	Light Emitting Diode
LGPL	Lesser General Public License
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
PEF	Projeto de Ensino de Física
Proeja	Programa de Educação de Jovens e Adultos
PSSC	Physical Science Study Committe
PWM	Pulse Width Modulation
REA	Recursos Educacionais Abertos
SPI	Serial Peripheral Interface

UFAL	Universidade Federal de Alagoas
URSS	União das Repúblicas Socialistas Soviéticas
USB	Universal Serial Bus
USP	Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	TECNOLOGIAS E ENSINO DE FÍSICA	17
2.1	Momento atual do ensino de física	17
2.2	Tecnologia	19
2.3	<i>Softwares livres</i>	20
2.4	Importância dos Recursos Educacionais Abertos (REA) para a educação	21
3	VISUAL BASIC E ARDUINO	24
3.1	Visual Basic	24
3.1.1	<i>O uso atual dos computadores</i>	24
3.1.2	<i>Origem do Visual Basic</i>	25
3.1.3	<i>Linguagens de programação</i>	26
3.1.4	<i>Programação orientada por objetos</i>	27
3.1.5	<i>O Visual Basic .NET</i>	28
3.2	Arduino	29
3.2.1	<i>O que é o Arduino?</i>	29
3.2.2	<i>História do Arduino</i>	34
3.2.3	<i>Arduino e Ensino</i>	37
4	EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA	40
4.1	História	40
4.2	A importância da experimentação para o ensino de física	44
4.3	O computador e a prática experimental	47
4.4	Dificuldades na implementação da prática experimental	50
4.5	As atividades experimentais a partir da teoria sócio-histórico-cultural de Vygotsky	51
5	METODOLOGIA	56

5.1	Abordagem de pesquisa qualitativa (interpretativa)	56
5.2	Procedimentos metodológicos (pesquisa de campo, observação participante) e instrumentos de coleta de dados	57
5.3	Lócus e sujeitos da pesquisa	58
5.4	Produto educacional	60
6	O PRODUTO EDUCACIONAL	61
6.1	Eletroscópio eletrônico com Arduino	62
6.1.1	<i>O eletroscópio eletrônico</i>	63
6.1.2	<i>Transistor de efeito de campo</i>	67
6.1.3	<i>LDR</i>	69
6.1.4	<i>Sensor de umidade e temperatura DHT-11</i>	71
6.1.5	<i>O software desenvolvido em Visual Basic .NET 2010</i>	72
6.1.6	<i>A programação do Arduino</i>	74
6.1.7	<i>Fenômenos que podem ser estudados</i>	74
6.2	Primeira Lei de Ohm	76
6.2.1	<i>Primeira Lei de Ohm com Arduino</i>	78
6.2.2	<i>O software desenvolvido em Visual Basic .NET 2010</i>	81
6.2.3	<i>A programação do Arduino</i>	84
6.2.4	<i>O que pode ser estudado</i>	84
6.3	Estimativa de custos	88
6.4	Roteiro dos experimentos	89
6.4.1	<i>Roteiro do Experimento “Eletroscópio eletrônico com Arduino”</i>	90
6.4.2	<i>Roteiro do experimento “Primeira Lei de Ohm com Arduino”</i>	92
7	ANÁLISES DAS APLICAÇÕES E DOS RELATÓRIOS	94
7.1	Passo-a-passo das aplicações	94
7.1.1	<i>Aplicação do Experimento “Eletroscópio Eletrônico com Arduino”</i>	94
7.1.2	<i>Aplicação do experimento “Primeira Lei de Ohm com Arduino”</i>	95

7.2	Motivação e interesse dos alunos	96
7.3	Habilidades manipulativas dos estudantes	99
7.4	Questionamentos e discussões realizadas em grupo e com o professor	101
7.5	Domínio prático/teórico e conclusões dos alunos acerca dos fenômenos estudados	102
7.5.1	<i>Relatórios relativos ao experimento “Eletroscópio Eletrônico com Arduino”</i>	104
7.5.2	<i>Relatórios relativos ao experimento “Primeira Lei de Ohm com Arduino”</i>	110
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	121
	REFERÊNCIAS	124
	APÊNDICE A - PROGRAMAS	129
	APÊNDICE B – ROTEIROS	151

1 INTRODUÇÃO

Durante minha formação acadêmica e depois como docente, pude perceber o quanto a realização de experimentos é importante para facilitar a aprendizagem dos alunos, principalmente por estimulá-los mais do que práticas rotineiras como resolução de exercícios e apresentação de slides. Por isso, como já possuía um conhecimento básico em eletrônica e programação, procurei aliar estas importantes ferramentas à prática experimental, de forma que pudesse criar um produto educacional que atendesse o melhor possível às minhas necessidades e as dos estudantes. Neste sentido, através deste produto educacional, procurei averiguar se aquilo que eu tinha percebido durante minha prática cotidiana, ou seja, a necessidade da experimentação como ferramenta indispensável ao ensino de física, realmente era válida em outras situações, como na que é exposta nesta dissertação.

Apresentamos aqui o relatório final de um trabalho baseado na implementação da tecnologia na prática experimental da disciplina de física. Tal intervenção ocorreu em duas turmas do terceiro ano do ensino médio integrado de Edificações do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano – *campus* Salgueiro. Será apresentada ao longo do texto a forma como se deu tal intervenção e quais seus impactos a curto e médio prazo no aprendizado e na motivação dos estudantes no que diz respeito ao estudo da física.

Diante da atual conjectura do ensino de física no Brasil, pautado em grande parte pelo ensino tradicional que visa apenas à memorização de conteúdos teóricos e mecanização de práticas experimentais (quando existem tais práticas), apresentaremos uma alternativa a este tipo de ensino engessado, que tanto pode ser prejudicial ao aprendizado e motivação dos estudantes. Procuramos combinar as atividades experimentais a duas importantes ferramentas frutos do desenvolvimento tecnológico atual: o Arduino e o Visual Basic. Buscamos utilizá-los de forma a incentivar a participação efetiva dos alunos nas práticas experimentais.

O objetivo deste trabalho é analisar como o uso de uma prática experimental aliada à tecnologia adequada, desde que também conte com a presença participativa do professor, pode motivar os estudantes, estimular a discussão em grupo e facilitar o aprendizado de conteúdos de física. Para tanto, podemos destacar alguns objetivos específicos desta pesquisa, relacionados ao produto educacional: demonstrar a relação entre a umidade ambiente e a eletrização dos corpos; mostrar a diferença existente na eletrização de objetos feitos de diferentes materiais no que diz respeito ao tipo de carga (positiva ou negativa); demonstrar

outros importantes conceitos da eletrostática, como a indução eletrostática e a blindagem eletrostática; avaliar o comportamento de um resistor ôhmico e relacionar a matemática da primeira lei de Ohm aos resultados obtidos. Também pretendemos mostrar a relação entre as ideias de Vygotsky e as atividades experimentais, e como estas podem servir como ferramentas de avaliação diagnóstica e para aumentar o interesse e participação dos estudantes.

Esta dissertação está dividida em oito capítulos (incluindo a Introdução no capítulo 1 e as Considerações Finais no capítulo 8). Os capítulos 2, 3 e 4 constituem a revisão bibliográfica desta pesquisa. O capítulo 5 trata da metodologia, materiais e dos métodos usados durante o decorrer do trabalho. O capítulo 6 apresenta o produto educacional desenvolvido e o capítulo 7 aponta as aplicações e os resultados da prática realizada através da análise dos relatórios produzidos pelos grupos. Por fim, o último capítulo apresenta as conclusões do trabalho.

No capítulo 2, “Tecnologias e Ensino de Física”, abordamos de forma geral o atual momento do ensino de física no Brasil, especificamente a situação dos laboratórios de física, e discutimos o papel das tecnologias no ensino. No capítulo 3, “Visual Basic e Arduino”, apresentamos as duas principais ferramentas usadas neste trabalho, o Visual Basic e o Arduino. Também discutimos o papel que estas ferramentas podem ter nas atividades experimentais de física.

No capítulo 4, “Experimentação no Ensino de Física”, discutimos a evolução das práticas experimentais na educação e a influência que alguns projetos educacionais de outros países tiveram no ensino de física no Brasil. Em seguida abordamos a necessidade de fazer com que os alunos desenvolvam uma capacidade crítica acerca da importância da física, e da ciência em geral, na sociedade. Apontamos as principais barreiras encontradas por professores e alunos no que diz respeito à implementação efetiva da prática experimental em sala de aula e discutimos a relação entre a teoria sócio-histórico-cultural de Vygotsky e as atividades experimentais.

No capítulo 5 é relatado onde ocorreram as intervenções, quais turmas participaram das aplicações e quais os métodos utilizados para coleta e análise de dados. O capítulo 6 apresenta o produto educacional, mostrando os dois aparatos experimentais utilizados e explicando o funcionamento destes e de alguns de seus componentes.

No capítulo 7 é realizada uma análise das aplicações bem como dos relatórios produzidos por cada grupo. Também é feita uma comparação entre algumas respostas dadas no momento da intervenção e outras dadas nos relatórios.

2 TECNOLOGIAS E ENSINO DE FÍSICA

Neste capítulo iremos primeiramente abordar de maneira geral a situação do ensino de física no Brasil na atualidade, focando na situação dos laboratórios didáticos de física. Em seguida discutiremos o significado de tecnologia e sua importância na sociedade. Por fim, serão discutidas as tecnologias livres e como elas podem ser importantes no âmbito escolar.

2.1 Momento atual do ensino de física

O ensino de física no Brasil passa atualmente por um importante processo de discussão dos paradigmas vigentes. O ensino tradicional, pautado na memorização dos conteúdos, na realização de exercícios teóricos e no treinamento para o vestibular, começou a ser questionado de maneira mais efetiva. Nunca se discutiu tanto, por exemplo, a prática docente e o uso de tecnologias no ensino. O final do século XX e início do século XXI mostraram que as novas tendências mundiais são a globalização e compartilhamento praticamente instantâneo de conhecimentos por todos, em qualquer lugar do mundo, graças à internet e ao computador. Sendo assim, não se pode ignorar que a educação, como um todo, também passa por uma profunda transformação já desde duas décadas atrás, quando o computador e depois a internet passaram a fazer parte do cotidiano escolar.

É difícil definir se a educação é reflexo das mudanças na sociedade ou a sociedade muda de acordo com a sua educação, mas o que sabemos é que educação e desenvolvimento social estão entrelaçados, uma mudança em um deles afetará o outro. Ao longo dos últimos anos, a sociedade brasileira vem passando por mudanças, muitas das quais são resultado do desenvolvimento tecnológico e científico global. O advento de computadores e equipamentos eletrônicos cada vez mais modernos permite o desenvolvimento de mais pesquisas e de mais qualidade. Pesquisadores e educadores têm cada vez mais acesso a essas tecnologias e a internet, e podem compartilhar seus resultados com outros (FILHO, 2015).

O computador propiciou uma revolução na educação. Porém, embora seu preço tenha caído no decorrer dos anos, ainda se trata de uma ferramenta de custo elevado, e por isso nem todas as escolas tem acesso a um número suficiente de computadores. Isso também pode ser estendido a outras tecnologias, como equipamentos eletrônicos laboratoriais, por exemplo. Essa situação acabou gerando mais uma desigualdade entre as escolas do país, onde algumas têm acesso às tecnologias e outras acabam entrando em uma categoria que muitos chamam de

“excluídos digitais” (XAVIER, 2011). Mas mesmo nas escolas que dispõem de ferramentas tecnológicas, as aulas de física ainda utilizam, em grande parte, apenas recursos educacionais de séculos passados (FILHO, 2015). Nesses casos, o problema vai além do acesso à tecnologia, segundo Bezerra et. al. (2009, p. 1) “é possível encontrar currículos e programas bastante atualizados, porém acompanhados de práticas didáticas obsoletas, em desacordo com o processo de fazer e de pensar científicos”.

A prática docente ainda é prejudicada pelo mau investimento (quando existe investimento) em laboratórios de ciências. No Brasil, as escolas dispõem de poucos recursos para serem investidos nos laboratórios, dessa forma, é muito difícil adquirir instrumentos adequados à prática didática, pois a maioria destes equipamentos possui um custo elevado. Também temos que levar em consideração o fato de que quando a instituição adquire esses equipamentos, que normalmente são kits experimentais, eles só funcionam se utilizados com sensores e *softwares* fechados que pertencem a empresa vendedora, o que eleva ainda mais o custo da compra (BEZERRA et al., 2009) Quando esses kits chegam à escola, normalmente não existe treinamento para capacitar os professores no manuseio dos equipamentos, de forma que os docentes têm que lidar com instrumentos desconhecidos e “que não permitem modificações livres por parte de educadores e estudantes” (BEZERRA et al., 2009, p. 2). Além disso,

É comum que os aplicativos tenham sido desenvolvidos apenas para sistemas operacionais proprietários e em linguagens de programação como C e C++, e outras tantas que demandam bastante estudo para que um eventual educador (no caso, um professor de Física que não necessariamente tem familiaridade com linguagens de programação) possa realmente compreendê-las e efetivamente apropriar-se delas, no caso de desejar fazer ele mesmo modificações nos programas e circuitos.

Devido ao alto custo dos kits experimentais industrializados, é preciso recorrer a alternativas para implementação dos laboratórios didáticos. Essas alternativas podem ter como base a utilização do computador em sala de aula e confecção de experimentos que se adequem às necessidades dos alunos e à realidade da escola. Para isso, é necessário fazer uso de tecnologias livres e de simples manuseio, que permitam aos professores alterá-las de acordo com suas necessidades e necessidades dos alunos, bem como aumentem o interesse dos alunos em participar ativamente das aulas.

2.2 Tecnologia

A tecnologia é algo que acompanha o ser humano desde sua origem. Na verdade, ela não se restringe apenas a seres humanos: os animais também têm a capacidade de desenvolver tecnologias. Basicamente quando fazemos uso de algo externo ao nosso corpo com um determinado fim prático, estamos fazendo ou utilizando tecnologia. Existem relatos na literatura científica de orangotangos mostrando aos seus descendentes como proceder para quebrar uma noz. Isso é o que podemos chamar de tecnologia (PEZZI, 2012). A palavra tecnologia deriva das palavras gregas *τεχνη*, que significa técnica, arte e ofício, e *λογια*, que significa estudo (DINIZ, 2010, p. 3, apud ALMEIDA et al., 2014).

No seu início de desenvolvimento pela espécie humana, a tecnologia era livre, o que significa que as pessoas poderiam usar os produtos ou bens frutos da tecnologia sem ter que pagar nada por isso. A primeira forma de patente documentada surgiu na Idade Média e dizia respeito a um processo de fabricação de embarcações (PEZZI, 2012). O início do uso das patentes mudou para sempre o uso de tecnologias. A partir de então, se alguém quisesse ter acesso à determinada tecnologia teria que pagar por ela.

Existem dois tipos de bens resultantes de uma nova tecnologia, são estes os chamados bens tangíveis e bens intangíveis. Bens tangíveis são bens físicos, como um eletrodoméstico, por exemplo, de modo que dois ou mais usuários não podem usufruir do mesmo bem ao mesmo tempo. Bens intangíveis não são bens físicos e mais de um usuário pode usufruir o bem ao mesmo tempo, como uma música por exemplo. No caso do bem tangível, a produção é contínua: é preciso sempre repor o bem vendido e para isso se gasta muito com a produção. Diferentemente do bem intangível, onde praticamente só existe custo na produção do primeiro exemplar, o qual apenas é copiado e distribuído.

Um *software* computacional é um bem intangível. O custo para a produção do *software* é muito maior do que o custo para copiá-lo. Por *software*, entendemos a instrução que damos ao computador para que ele exerça uma tarefa específica passo-a-passo, de acordo com o que foi escrito na linha de código. O custo para compartilhar esse código é praticamente zero porque podemos apenas fazer uma cópia do *software* original ao invés de produzi-lo novamente do zero (PEZZI, 2012).

2.3 Softwares livres

Tecnologias livres são aquelas que qualquer um pode usar, sendo que algumas são gratuitas e outras não. No caso dos *softwares*, para que ele seja considerado livre, não necessariamente tem que ser gratuito, mas sim permitir que seus usuários tenham acesso ao código fonte podendo assim modificá-lo, executá-lo, copiá-lo ou distribuí-lo de acordo com suas necessidades (FILHO, 2015). Segundo Xavier (2011) antes do desenvolvimento comercial dos *softwares*, era comum o compartilhamento do código-fonte de maneira a facilitar a troca de ideias entre os desenvolvedores, modificar os programas e partilhar alterações. Quando o computador se tornou um produto comercial, algumas empresas começaram a impedir que seus *softwares* pudessem ser modificados pelos usuários.

Por volta das décadas de 1950 e 1960, não havia custo extra na compra de um *software* porque ele acompanhava o computador que era comprado. Apenas em 1969 surgiu o primeiro *software* que poderia ser portado de uma máquina para outra e que viria no futuro a dar origem ao Sistema Operacional Linux (PEZZI, 2012). O *software* livre surgiu em 1983, a partir de uma iniciativa de Richard Stallman que criou o projeto GNU (sigla para *GNU isNot Unix*, ou GNU não é Unix em português) com o objetivo de criar “um sistema operacional que não dependesse de licenças proprietárias de uso” (GOMES, 2009, p. 19). O conceito de *software* livre implica em certas liberdades proporcionadas aos usuários. O usuário que utiliza um *software* livre, segundo Xavier (2011), tem a liberdade de executar o programa para qualquer propósito; com o acesso ao código-fonte, ele tem a liberdade de modificar e aperfeiçoar o programa de acordo com suas necessidades, podendo também liberar essas modificações para a comunidade; e tem a liberdade de fazer e distribuir cópias do programa original. Para Gomes (2009, p. 19), “o movimento de *software* livre fundamenta-se no princípio do compartilhamento de ideias e informações de indivíduos interligados através da rede mundial de computadores”.

Para evitar que usuários que tivessem acesso ao código-fonte pudessem modificá-lo e patenteá-lo como *software* proprietário, Stallman criou a *General Public Licence* (GPL), uma licença que ficou conhecida como *copyleft* (para se opor à *copyright*, ou direito autoral) (XAVIER, 2011). Esse tipo de licença tem por objetivo que outras pessoas tenham acesso a tecnologia de forma livre, mas que se mantenha o reconhecimento do autor original, evitando assim que alguém pudesse patentear uma tecnologia que foi criada com o intuito de permitir o acesso livre ao conhecimento. Isso permite, por exemplo, que instituições de ensino possam utilizar, estudar e modificar programas sob licença *copyleft*, de forma a propiciar aos alunos um conhecimento mais amplo sob seus objetos de estudo.

Outro avanço importante no uso de tecnologias livres ocorreu quando o advogado norte-americano Lawrence Lessig criou a licença *Creative Commons*, com o intuito de permitir que autores pudessem criar obras que pudessem ser compartilhadas, sem que houvesse restrições ao conhecimento. Segundo Filho (2015, p. 27),

As licenças *Creative Commons* foram idealizadas para dar permissão e restrição a distribuição de conteúdos culturais em geral (textos, músicas, imagens, filmes e outros), para que estes possam ser disponibilizados a todos os usuários de acordo com a atribuição do seu autor. A organização não governamental *Creative Commons*, [...] criou seis licenças de uso regular que garantem os direitos de execução, reprodução e distribuição de obras de acordo com a seleção de quatro condições: créditos ao autor da obra, uso não comercial, não permissão de obras derivadas e compartilhamento pela mesma licença.

Um dos produtos licenciados sobre a licença *Creative Commons* é o Arduino (PEZZI, 2012). Além disso, o Arduino também é uma ferramenta baseada em *software open source* (*software* de código aberto). Os *softwares open source* são aqueles cujos códigos-fonte não possuem custo de licença, sendo muito comum que sejam compartilhados *online* pelos desenvolvedores, podendo assim ser utilizados por qualquer um e sem restrições (CANALTECH, n. d.).

2.4 Importância dos Recursos Educacionais Abertos (REA) para a educação

Atualmente, a educação passa por uma grande revolução em seus paradigmas. Cada vez mais os alunos têm acesso a tecnologias que a cada dia avançam mais, permitindo assim o livre acesso a informação e ao conhecimento. Nesse novo modelo de educação que começa a ser criado, não se pode haver apenas “técnicas utilizadas em séculos passados, onde o uso da tecnologia era bem menos difundido e tinha acesso restrito” (XAVIER, 2011, p. 31). Ainda segundo Xavier (2011), é preciso que aqueles que utilizem as tecnologias estejam preparados para acompanhar as constantes mudanças nas mesmas, pois aqueles que não puderem se adequar as rápidas mudanças da tecnologia se tornam “excluídos digitais” e deixam de usufruir dos benefícios que essas constantes mudanças proporcionam na vida social e cultural. Sendo assim é imprescindível que os professores estejam preparados para lidar com as mudanças constantes que ocorrem na sociedade e impactam diretamente no processo de ensino-aprendizagem. Importantes ferramentas que podem ser utilizadas nesse sentido são os Recursos Educacionais Abertos (REA).

Segundo UNESCO (2012), o termo REA foi cunhado no fórum da UNESCO em 2002, e se refere aos materiais, digitais ou não digitais, voltados para o ensino, a aprendizagem e a investigação, sendo que tais materiais devem estar sob domínio público e sob licenças abertas que permitam sua utilização, adaptação e redistribuição gratuitas por terceiros. Os REA podem ser de grande valia para a educação, pois estão disponíveis para serem usados por professores e alunos, de maneira que o conhecimento e as inovações podem ser disseminados de maneira rápida, através da internet, e de forma gratuita. Além disso, os REA podem ser editados de forma livre, o que ocasiona muitas vezes num aprimoramento e atualização do material original, permitindo que os usuários tenham sempre ao seu dispor materiais mais adequados às suas necessidades. Isso significa que a partir do uso dos REA, professores e alunos tem a oportunidade de participar de maneira mais livre e efetiva dos processos de ensino e aprendizagem, como afirma Filho (2015, p. 98):

O uso de tecnologias livres e abertas em projetos desenvolvidos na área da educação permite que estudantes participem de forma ativa do processo educacional e professores tenham mais autonomia na sua aplicação, uma vez que fazem parte de um modelo colaborativo de produção intelectual, onde erros são corrigidos à medida que ocorrem não sendo impostas restrições técnicas e jurídicas que impeçam a criação de trabalhos derivados.

Os REA estão diretamente ligados à utilização do computador em sala de aula, pois estes permitem o acesso e o uso de materiais didáticos pelos professores. Porém, é um fato que muitas vezes o uso dos computadores e a infraestrutura necessária para seu emprego em sala de aula requer um alto investimento das instituições de ensino. Esta situação pode ser amenizada através do uso dos *softwares* livres, por propiciarem custos mais baixos e soluções eficientes. Professores das mais variadas áreas de ensino podem adequar esses aplicativos às particularidades de suas disciplinas e dos conteúdos que estão abordando, e o melhor é que podem fazer isso de forma barata, porque o *software* livre é capaz de funcionar em máquinas com configurações de *hardware* “menos robustas”, e sem utilizar os *softwares* proprietários que geram alto custo para as instituições. É possível assim, promover a inclusão digital e permitir a contribuição livre entre educadores (XAVIER, 2011).

Não podemos negar que a princípio pode ser difícil para os professores utilizarem os REA em sala de aula, principalmente em se tratando de *softwares*, quando o professor muitas vezes não tem uma formação que o capacite para isso. Mas é preciso romper essa barreira e a própria essência do *software* livre em si já contribui para isso, pois basta pesquisar na internet que o professor terá acesso às diversas formas possíveis de aplicação no ensino, a maioria com

explicações bem detalhadas que permitem sua reprodução. Então, embora possam existir barreiras, os resultados que se podem obter a partir da utilização dos *softwares* livres na educação são bastante compensatórios.

3 VISUAL BASIC E ARDUINO

Neste capítulo abordaremos as ferramentas tecnológicas Visual Basic e Arduino, que, junto ao computador, serviram de base para o desenvolvimento do produto educacional proposto.

3.1 Visual Basic

Nesta seção abordaremos uma das linguagens de programação mais utilizadas no mundo, o Visual Basic da *Microsoft*. Inicialmente faremos uma breve explanação a cerca do atual uso de computadores no mundo, seguido de uma abordagem histórica do Visual Basic, mostrando qual a sua origem. Em seguida serão discutidos os tipos de linguagem de programação e algumas características das linguagens de programação orientada a objetos, e suas vantagens em detrimento de outros tipos de linguagens. Por fim, apresentaremos a versão Visual Basic .NET Express 2010, que foi utilizada neste trabalho.

3.1.1 *O uso atual dos computadores*

O número de computadores e seus derivados, como celulares, *tablets*, *smartphones*, etc., vêm aumentando cada vez mais. Estima-se que até 2020 cerca de 50 bilhões destes dispositivos eletrônicos pessoais e de empresas privadas estarão habilitados a realizar conexões com a internet (DEITEL, DEITEL e DEITEL, 2013). Eles deixaram de ser utilizados apenas por poucas empresas multinacionais e passaram a fazer parte do cotidiano das pessoas, desde aplicações domésticas até automotivas. Além disso, este aumento de aparelhos acarreta em uma maior conexão entre seus usuários através da internet. Ainda segundo Deitel e Deitel (Ibidem), atualmente, alguns dos negócios mais bem-sucedidos do mundo são de empresas relacionadas a estes ramos da tecnologia.

No entanto, esta conectividade é algo muito atual. Os primeiros computadores não estavam ligados uns aos outros, precisando utilizar mídias de armazenamento, como disquetes, *compact discs* (CDs), etc., para trocar informações. Dentre as diversas utilidades dos computadores e a rede de troca de informações criadas ao seu redor, podemos destacar o Projeto Genoma Humano, cujo objetivo era mapear todos os genes do ácido desoxirribonucleico (DNA) humano (mais de 20 000 genes). Tal feito só foi possível devido ao uso de computadores para

realizar a análise do DNA, estes mesmos computadores possibilitaram “armazenar a informação em bases de dados que estão disponíveis pela Internet para pesquisadores de todo o mundo” (Ibid., p. 2).

No Brasil, segundo Fonseca (2015), só entre os anos de 2012 e 2013, o mercado de tecnologias da informação movimentou 2,74 % do produto interno bruto, o que representa algo em torno de 61 bilhões de dólares. Ainda segundo este mesmo autor, o uso de *softwares* de desenvolvimento no país cresceu 15,3 % em 2013.

3.1.2 *Origem do Visual Basic*

O Visual Basic foi desenvolvido a partir de uma linguagem de programação chamada BASIC (Beginner’s All-purpose Symbolic Instruction Code, que em português significa Código de Instrução Simbólica para Iniciantes) (PERRY, 1999). O BASIC foi desenvolvido por volta dos anos 60 no Dartmouth College, Estados Unidos, e seu objetivo era servir como uma linguagem para iniciantes, de forma que novos programadores pudessem surgir mais rapidamente, uma vez que programar em BASIC era mais fácil do que em outras linguagens da época, como o FORTRAN (PERRY, 1999 e DEITEL, DEITEL e DEITEL, 2013), por exemplo.

Na década de 70, a *Microsoft* havia implementado o BASIC em seus computadores voltados para o uso pessoal, mas com o aumento da popularidade do Windows, no começo dos anos 90, a empresa desenvolveu a parte visual do seu sistema operacional, permitindo que seus usuários interagissem de maneira melhor com os computadores. Para obter êxito em popularizar sua nova interface visual, conhecida pela sigla GUI (*Graphical User Interface*, que em português significa Interface Gráfica de Usuário), a *Microsoft* precisou modificar o BASIC que “não funcionaria como uma linguagem de programação em janelas” (PERRY, 1999, p. 10). Daí então, em 1991, surgiu a linguagem Visual Basic, muito mais adequada a parte visual do Windows, uma vez que era formada em grande parte por elementos gráficos. Graças à mudança de BASIC para Visual Basic, a programação de aplicativos Windows ficou mais simples e fácil (DEITEL, DEITEL e DEITEL, 2013).

3.1.3 Linguagens de programação

Uma linguagem de programação é um conjunto de comandos ou instruções – que são determinados caracteres e símbolos – que um indivíduo (o programador) dá ao computador para realizar tarefas ou ações. Quando estes comandos, seguidos pelos computadores, são reunidos de forma específica, temos o que é chamado de programas de computadores, aplicativos ou *softwares*.

O computador não é capaz de compreender diretamente qualquer tipo de linguagem humana por esta ser complexa e ambígua (PERRY, 1999). Então, para que seja possível dar ordens a um computador é necessário traduzir esta ordem em algum tipo de linguagem que possa ser entendida pela máquina. A linguagem entendida pelos computadores é chamada de *linguagem de máquina*, que é constituída por uma cadeia de números, geralmente um conjunto de zeros e uns. Este tipo de linguagem é de difícil compreensão para nós humanos, e programar nela exige muito tempo. Por isso, para agilizar a programação foi inventada a *linguagem assembly*, que utiliza ao invés de números pequenas abreviações de orações em inglês, e que depois é traduzida por programas tradutores, os *assemblers*, que convertem a linguagem assembly em linguagem de máquina. A linguagem assembly alavancou de vez o uso de computadores pessoais, por permitir que o programador pudesse utilizar um tipo de código mais familiar, no entanto, mesmo com esta linguagem, muitas vezes os programas escritos eram muito grandes, cheios de instruções para realizar tarefas simples (DEITEL, DEITEL e DEITEL, 2013). Assim, para tornar a programação ainda mais rápida e fácil, foram criadas as *linguagens de alto nível*, como o Visual Basic, que simplificaram ainda mais os comandos, tornando possível realizar tarefas mais complexas usando códigos mais simples que mesclam inglês coloquial com notações matemáticas. Para traduzir a linguagem de alto nível em linguagem de máquina são utilizados programas tradutores chamados de *compiladores*. Um exemplo de programa escrito nos três tipos de linguagem descritas acima é apresentado pelos irmãos Deitel (2013), se trata de um programa de folha de pagamento com horas extras inclusas:

a) *Linguagem de máquina:*

```
+1300042774  
+1400593419  
+1200274027
```

b) *Linguagem assembly:*

```
load basepay
add overpay
store grosspay
```

c) *Linguagem de alto nível:*

```
grossPay = basePay + overTimePay
```

Através destes exemplos é fácil notar que as linguagens de alto nível são bem mais simples, o que faz com que a maior parte dos programadores prefira este tipo de linguagem. Algumas das mais importantes linguagens de alto nível, além do Visual Basic, são o Java, C/C++, C#, Python, Ruby, etc.

3.1.4 Programação orientada por objetos

Um dos tipos de programação mais comuns é a chamada *programação orientada por objetos*. Segundo os irmãos Deitel (2013, p. 7), “a metodologia chave de programação moderna que está aumentando a produtividade dos programadores, reduzindo assim os custos do desenvolvimento de software” é a programação orientada por objetos. Graças a ela tornou-se possível agilizar ainda mais a construção de *softwares* e ainda por cima diminuir seus custos.

Para explicar o que é a programação orientada por objetos, vamos utilizar a analogia proposta pelos irmãos Deitel (2013). Imaginemos uma pessoa dirigindo um carro, pisando no acelerador para que ele ande mais rápido. Não é preciso que a pessoa entenda os mecanismos por trás do pedal, que fazem com que a velocidade do carro aumente, para realizar esta ação. Toda a engenharia por trás do funcionamento do carro já foi feita por outras pessoas, de modo que não é necessário ser mecânico ou engenheiro para utilizar um automóvel. Da mesma maneira funciona a orientação por objetos: não é necessário que o programador conheça todo o código por trás do objeto que está utilizando, ele pode simplesmente utilizar um objeto já pronto da maneira que lhe convém. Assim,

Objetos, ou, mais precisamente, as *classes* de onde vêm os objetos, são essencialmente componentes *reutilizáveis* de software. Há objetos de data, de hora, de áudio, de vídeo, de automóveis, de pessoas, etc. Quase qualquer *substantivo* pode ser razoavelmente representado como um objeto de software, em termos de *atributos* (p. ex., nome, cor e tamanho) e *comportamentos* (p. ex., calcular, mover e comunicar). Os desenvolvedores de software descobriram que usar uma abordagem de design e

implementação modulares e orientados por objetos pode tornar os grupos de desenvolvimento de software muito mais produtivos do que era possível com as técnicas anteriores – os programas orientados por objetos são frequentemente mais fáceis de se entender, corrigir e modificar (Ibidem, p. 12).

As novas versões do Visual Basic, como a utilizada neste trabalho, são completamente orientadas por objeto. Além disso, o Visual Basic é uma linguagem *dirigida por eventos* – o que significa que o usuário pode escrever aplicativos que realizem ações a partir de eventos como cliques no mouse, passagem de determinado intervalo de tempo, pressionamento de teclas, etc., –, e é também uma *linguagem de programação visual* – pois o usuário pode utilizar a interface gráfica do Visual Studio – que é a IDE (*Integrated Development Environment*, ou Ambiente Integrado de Desenvolvimento em português) da Microsoft, que atualmente permite criar aplicativos para Windows, Web, Mac, Linux, Android, iOS, entre outros (TECHTUDO, 2015) –, para arrastar, soltar, redimensionar e rotular objetos como botões, caixas de imagem, caixas de texto, etc. (DEITEL, DEITEL e DEITEL, 2013).

3.1.5 O Visual Basic .NET

A partir do ano 2000, a *Microsoft* modificou a linguagem Visual Basic transformando-a em Visual Basic .NET, com o objetivo de criar uma maior interatividade entre os *softwares* e a web, permitindo a criação de aplicativos direto para a internet.

A estratégia .NET estende a ideia de **reutilização de software** para a Internet, permitindo que os programadores se concentrem em suas especialidades sem terem de implementar cada componente de cada aplicativo. A programação visual tornou-se popular porque permite que você crie aplicativos Windows e web facilmente, usando componentes gráficos pré-empacotados tais como **botões**, **caixas de texto** e **barras de rolagem** (DEITEL, DEITEL e DEITEL, 2013, p. 19).

Neste trabalho, utilizamos a versão Visual Basic .NET que faz parte do pacote Visual Studio 2010 Express, que é uma versão gratuita disponibilizada pela *Microsoft* para desenvolvedores individuais. Apesar de possuir algumas limitações em relação à versão profissional, a versão Express atende muito bem às necessidades deste trabalho. A partir de 2015 a *Microsoft* passou a disponibilizar para *download* uma versão denominada Visual Studio Community (pode ser encontrada no link <https://www.visualstudio.com/pt-br/downloads/>) que apresenta muitas das funcionalidades do programa completo, mas é gratuito apenas para

desenvolvedores individuais, empresas com projetos de código aberto ou organizações acadêmicas (FONSECA, 2015).

3.2 Arduino

Nesta seção discutiremos um pouco sobre a placa Arduino. Começaremos falando sobre o que é o Arduino, quais seus componentes básicos e de que maneira ele funciona. Em seguida será mostrado um pouco da história do Arduino, onde falaremos como ele foi desenvolvido e por que foi desenvolvido; iremos descrever suas primeiras aplicações e discutiremos o porquê dele ter revolucionado o mercado de placas microcontroladoras, e, por consequência, a educação. Por fim será discutida a importância que o Arduino pode ter no ensino de física.

3.2.1 *O que é o Arduino?*

O Arduino é uma plataforma de prototipagem de eletrônicos que possui um microcontrolador e pode funcionar para adquirir dados de sensores ou controlar componentes, como motores, por exemplo. Ou seja, podemos dizer que ele é um pequeno computador que pode ser programado de forma a interagir com o ambiente (MCROBERTS, 2011). Foi construído com o objetivo de permitir a “interação física entre o ambiente e o computador utilizando dispositivos eletrônicos de forma simples e baseada em *softwares* e *hardwares* livres” (CAVALCANTE; TAVAROLO e MOLISANI, 2011, p. 2). Embora existam outras placas parecidas no mercado, o Arduino tem se destacado devido ao seu baixo custo, facilidade de uso e resultados obtidos (CAVALCANTE; TAVAROLO e MOLISANI, 2011).

Os microcontroladores foram criados na década de 1980 e a partir de então revolucionaram a eletrônica: permitiram uma compactação dos equipamentos eletrônicos que antes tinham muitas peças internas, o que aumentava o espaço ocupado por eles. Sendo assim, os equipamentos eletrônicos foram otimizados e tiveram seu custo diminuído, o que fez com que o uso de microcontroladores se popularizasse, de modo que hoje eles são utilizados em TVs, celulares, computadores, veículos automotivos, brinquedos, etc. Segundo Martinazzo e Trentin et al. (2014) microcontroladores são:

Chips eletrônicos que possuem uma Unidade Central de Processamento (CPU em inglês), uma Unidade Aritmético-Lógica (ALU em inglês), as linhas de dados, as

linhas de endereço e as linhas de controle e, de forma integrada, possuem também os periféricos para comunicação serial, timers, osciladores e dispositivos de I/Os (Entradas/Saídas) (MARTINAZZO; TRENTIN et al., 2014, p. 23).

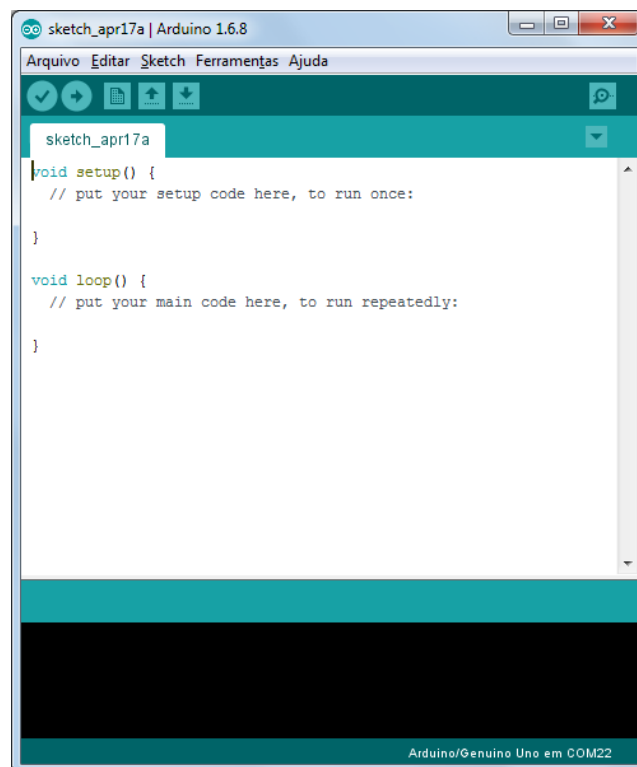
Microcontroladores são formados por microprocessadores, memória e periféricos de entrada e saída. Eles podem ser programados para realizar vários tipos de tarefas ou funções específicas, como controlar máquinas ou sensores, o que significa que são instrumentos muito importantes para automação de experimentos (CAVALCANTE; TAVAROLO e MOLISANI, 2011), por exemplo. No caso do Arduino, seu microcontrolador lhe permite ser algo além de uma placa “passiva”, que serviria apenas para aquisição de dados, lhe permite ser utilizado como um instrumento “ativo”, que pode operar dispositivos, controlar sensores ou motores, dentre outras possibilidades (SOUZA; PAIXÃO et al., 2011).

O Arduino é uma interface eletrônica baseada em um microcontrolador programável de 8 bits da série *AVR reduce instruction set computer* (RISC) da Atmel. O Arduino UNO, uma das versões mais recentes, usa o ATmega328 que possui memória flash de 32 KB (EVANS, NOBLE, HOCHENBAUM, 2013). Ele pode ser utilizado para fazer protótipos de dispositivos eletrônicos para serem utilizados nos mais variados ambientes, como em casas, empresas, escolas, laboratórios etc, e pode ser programado para responder a estímulos do ambiente. Além disso, o Arduino é uma plataforma *open source*, baseada em *hardware* e *software* de fácil utilização, na qual se podem adicionar diversos tipos de dispositivos ou componentes eletrônicos que podem ser direcionados para várias atividades. Podem-se utilizar dispositivos que utilizem como entrada sensores de temperatura, sensores de luminosidade, sensores de umidade, sensores de corrente elétrica, sensores de pressão, etc.; e como saída podem ser usados LEDs, motores, *buzzers*, etc. (CAVALCANTE; SILVA et al., 2014; SOUZA; PAIXÃO et al., 2011).

Sua programação é realizada na sua IDE através de um computador e enviada à placa via cabo USB (*Universal Serial Bus*, ou Porta Universal Serial em português). A IDE é um editor de código capaz de compilar e fazer *upload* para o microcontrolador através de apenas um *click* (MARTINAZZO; TRENTIN et al., 2014). Além de permitir a troca de comandos entre computador e Arduino, o cabo USB também permite a transferência de dados e a alimentação da placa (ROCHA e GUADAGNINI, 2014). A IDE do Arduino é uma aplicação *cross-platform*, o que significa que ela é compatível com diversos sistemas operacionais (como Windows, Linux OS, Mac OSX), além disso, ela é baseada em *Processing*, um tipo de linguagem de programação que permite a visualização gráfica em tempo real (RODRIGUES e CUNHA, 2014; PEZZI, 2012; MARTINAZZO; TRENTIN et al., 2014). Na IDE existem várias

bibliotecas (conjuntos de funções desenvolvidas para uma aplicação particular) que permitem a conexão entre o Arduino e diversos tipos de sensores ou *hardwares* (SOUZA; PAIXÃO et al., 2011), possibilitando o desenvolvimento de aplicações que variam das mais simples, como acender LEDs, às mais complexas, como medir a umidade relativa do ambiente. A figura 1 representa a IDE do Arduino:

Figura 1 - IDE do Arduino.



Fonte: *print screen* tirado da tela da IDE do Arduino.

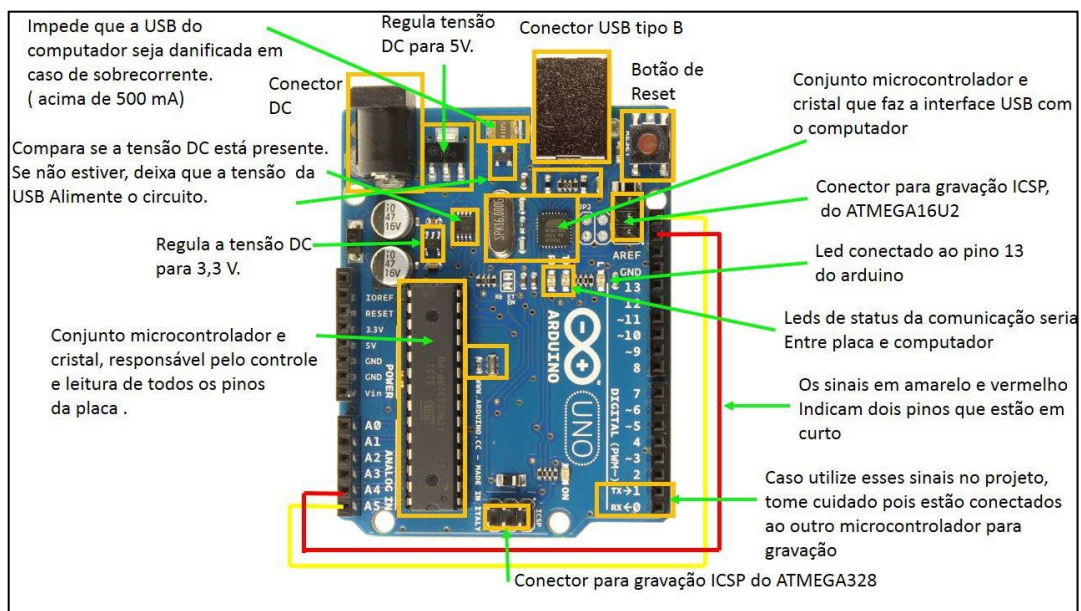
O Arduino funciona tanto de forma isolada, ou seja, mandando dados para o computador, os quais podem ser observados através da sua IDE, como também pode funcionar em parceria com outros *softwares* através da porta serial do computador. Sendo assim, é possível utilizar os dados do Arduino e fazer cálculos, plotar gráficos, preencher tabelas, etc., tudo de forma automática e em tempo real. Dentre os programas mais utilizados com o Arduino podemos destacar aplicações feitas no próprio *Processing*, *Python*, *Flash* e, como é o caso desse trabalho, no *Microsoft Visual Basic*. Por ser compatível com todos esses programas, o Arduino é uma ótima opção para ser utilizado em experimentos que necessitam de interfaces gráficas digitais e captura automática de dados.

Ele pode ser alimentado tanto pelo computador, através do cabo USB, como por uma fonte alimentação externa. A vantagem de se utilizar a alimentação do computador é que o mesmo cabo utilizado para alimentação é utilizado para troca de dados entre computador e Arduino. As placas Arduino UNO, têm ainda:

14 pinos digitais, e cada um pode ser definido como entrada ou saída, e seis entradas analógicas. Além disso, seis dos pinos digitais podem ser programados para fornecer uma saída de modulação por largura de pulso (PWM). Diversos protocolos de comunicação estão disponíveis, incluindo serial, bus serial de interface periférica (SPI) e I2C/TWI. Incluídos em cada placa como recurso padrão estão um conector de programação serial in-circuit (ICSP) e um botão de reset (EVANS, NOBLE, HOCHENBAUM, 2013, p. 26).

A figura 2 mostra onde se encontram cada componente que forma a placa Arduino UNO.

Figura 2 - Esquema de componentes do Arduino.



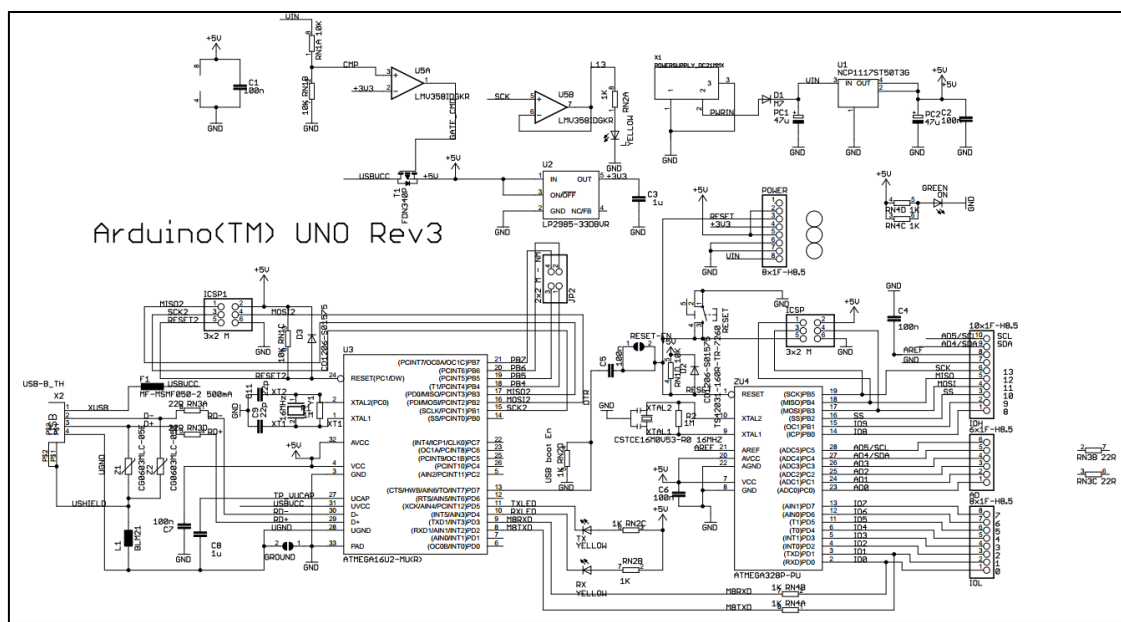
Fonte: Site Embarcados¹.

Embora o microcontrolador do Arduino seja uma tecnologia privada, sua plataforma como um todo é uma tecnologia aberta. Isso quer dizer que todos os esquemas da placa estão disponíveis para *download* na internet, ou seja, seus diagramas esquemáticos podem ser utilizados, estudados, e modificados por qualquer um livremente (PEZZI, 2012). Da mesma forma, sua IDE e código-fonte são distribuídos através de licenças livres. Seu *hardware* se encontra sobre uma licença *Creative Commons*, enquanto a IDE e as bibliotecas se encontram

¹ Disponível em: <http://www.embarcados.com.br/arduino-uno/>. Acesso em mai. 2016.

sob licenças GPL e LGPL (*Lesser General Public License*), respectivamente (BEZERRA et al., 2009). A figura 3 apresenta o diagrama esquemático da placa Arduino UNO Rev3, e pode ser baixado gratuitamente no site do Arduino. Esse esquema apresenta as conexões existentes na placa e seus componentes, de modo que qualquer usuário possa montar sua própria placa, criando inclusive outras placas a partir de modificações nesta placa base.

Figura 3 - Diagrama eletrônico do Arduino.



Fonte: página do Arduino².

Por se tratar de uma tecnologia aberta, o Arduino motiva a criatividade e a interação entre seus usuários através da internet. Sendo assim, basta uma pesquisa rápida e podem-se encontrar inúmeras aplicações utilizando o Arduino nas mais variadas áreas do conhecimento. Atualmente existe um grande número de desenvolvedores de várias áreas, e que são professores, alunos, técnicos, artistas ou que apenas o utilizam como *hobbie*, e que interagem através da rede e de eventos de informática, de eletrônica, de educação, artísticos e culturais, etc. Essa cooperação entre usuários possibilita cada vez mais o desenvolvimento do Arduino e, além disso, também o torna mais acessível para usuários iniciantes, que podem encontrar respostas para suas dúvidas e encontrar também algumas aplicações já prontas ou em desenvolvimento.

² Disponível em: http://www.arduino.cc/en/uploads/Main/Arduino_Uno_Rev3-schematic.pdf. Acesso em mai. 2016.

3.2.2 *História do Arduino*

O Arduino se originou em 2005, a partir de um projeto desenvolvido inicialmente por Massimo Banzi e David Cuartielles, no Instituto de Design e Interação de Ivrea, na Itália, onde uma das pesquisas realizadas era de como melhorar a interface de um sistema digital, deixando-a mais atrativa aos usuários (CAMPUS PARTY, n. d.). O objetivo era criar uma plataforma que pudesse controlar projetos e protótipos de forma mais moderna e com menor custo do que as disponíveis no mercado naquele momento (CAVALCANTE; SILVA et al., 2014), e que pudesse ser utilizada pelos estudantes do Instituto. Na época, a ferramenta de prototipagem mais utilizada era o BASIC Stamp, que custava aproximadamente 100 dólares, cara demais para que fosse viável seu uso pelos estudantes (EMBARCADOS, n. d.).

O projeto original do Arduino surgiu a partir da ideia de criar algo parecido com a linguagem de programação *Processing*, mas só que voltada para o *hardware*. O *Processing* é uma linguagem de programação feita em JAVA criada por Ben Fry e Casey Reas no MIT, cujo objetivo inicial era popularizar a programação de computadores (CAMPUS PARTY, n. d.). O *Processing* cria uma DSL (*Dominium Specific Language*), onde se pode programar, sendo que o resultado dessa programação pode ser algo visual, como uma imagem, vídeo ou animação, ou um áudio. A figura 4 é um exemplo de um trabalho “pintado” por Casey Reas que é um artista digital que usa o computador como um meio para expressar sua criatividade programando em *Processing* (CAMPUS PARTY, n. d.).

Assim, a ideia básica que originou o Arduino foi inventar uma ferramenta parecida com o *Processing*, mas que pudesse ser utilizada em um *hardware*. Basicamente o que eles fizeram então foi modificar o código do *Processing*, que é *open source*, para ser utilizado com um *hardware*. Como base para o *hardware* eles utilizaram o trabalho de um estudante colombiano chamado Hernando Barragán, que tinha construído uma plataforma parecida com o Arduino, porém mais complexa e de custo mais alto, chamada de *Wiring*. Assim, o Arduino começou a ser implementado como um projeto também *open source*, de forma que todos que estivessem interessados na ideia pudessem contribuir. Ainda se juntou a Equipe Arduino o estudante David Mellis, que se encarregou de escrever o software (EMBARCADOS, n. d.).

Figura 4 - “Imagens para 18 músicos” é um desempenho visual ao vivo realizado em conjunto com uma orquestra formada por 18 músicos. Foi realizada no Ars Electronica Festival em 2004, no Brucknerhaus em Linz, Áustria. Reas realizou os desenhos no palco com os músicos e o maestro Dennis Russell Davies.

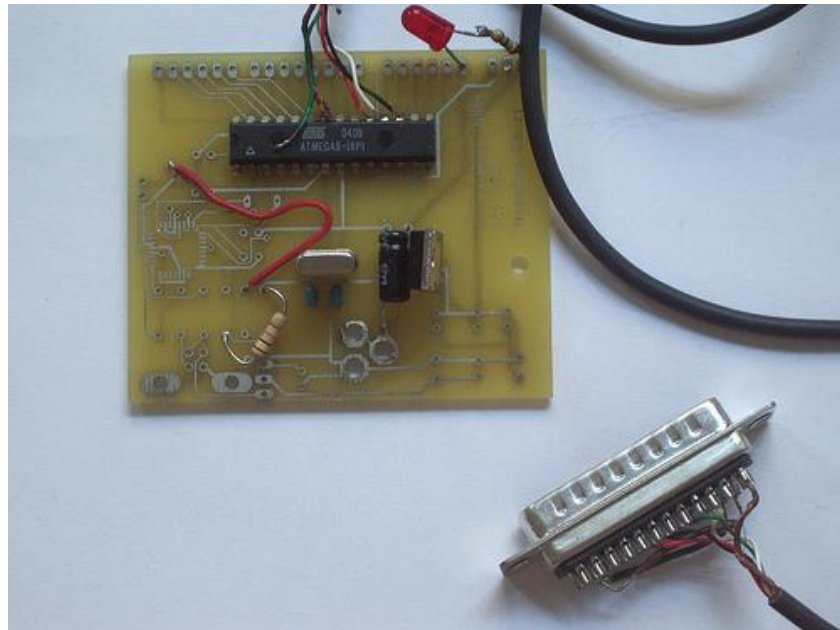


Fonte: Site REAS³.

A partir do primeiro protótipo se percebeu que a placa funcionava bem, logo surgiu a necessidade de produzir em larga escala, de maneira mais profissional e comercial. Foi quando entrou no projeto Gianluca Martino, responsável por produzir as placas em grandes quantidades (EMBARCADOS, n. d.). No primeiro lote foram vendidas 100 peças, 50 para o Instituto de Design e Interação e 50 para a Escola de Artes e Comunicação K3 de Malmö, na Suécia. O lucro aproximado da primeira venda foi de 1 euro por placa.

³ Disponível em: <http://reas.com>. Acesso em: mai. 2016.

Figura 5 - A primeira versão, ainda “caseira”, do Arduino. Ainda possuía conexão porta paralela (CAMPUS PARTY, n. d.).



Fonte: blog do Arduino⁴.

Quando o Arduino surgiu, existiam diversas outras plataformas, como a já citada BASIC Stamp, porém todas eram mais caras e pouco acessíveis. A plataforma Lego Mindstorms, por exemplo, custa algo em torno de \$ 300,00, enquanto o Arduino custa na média de \$ 20,00. Essa diferença de preço ocorre porque os componentes do Arduino são mais baratos (CAMPUS PARTY, n. d.). Além disso, o Arduino tem a vantagem de ter sido projetado para funcionar em vários sistemas operacionais, como Windows, Mac OSX, Linux OS, Android, etc. E por se tratar de uma ferramenta *open source* e *open hardware*, ou seja, por permitir que seus usuários o modifiquem e o adapte, ele acaba por incentivar a troca de informações e interação entre os mesmos, o que acabou aumentando ainda mais sua popularidade em todo mundo. Para ter uma ideia dessa popularidade, podemos notar no gráfico abaixo, retirado do Google Trends, que a busca pelo termo “Arduino” no Google tem crescido muito em relação aos seus concorrentes desde seu lançamento em 2005.

⁴ Disponível em: <https://blog.arduino.cc/2013/07/10/send-in-the-clones/>. Acesso em: mai. 2016.

Figura 6 – Aumento de buscas pelo termo “Arduino” no Google segundo o Google Trends.



Fonte: Google Trends⁵.

3.2.3 Arduino e Ensino

Segundo David Cuartielles, integrante da Equipe Arduino e um dos criadores do projeto, o conceito de *hardware open source* significa “ser capaz de verificar o que tem dentro destas coisas [*hardwares*], de tal maneira que é permitido, e é também eticamente ‘correto’, legal, e nos permite melhorar os métodos educacionais” (EMBARCADOS, n. d.). Ao utilizar o Arduino, além de ter uma experiência inovadora em termos tecnológicos, podemos entender o passo-a-passo daquilo que estamos construindo, seja um simples sensor ou até mesmo um robô. Isso faz com que professores que utilizam essa ferramenta tenham um domínio muito maior sobre aquele experimento que estão arquitetando, por exemplo, e isso reflete diretamente em sua aula e conseqüentemente na aprendizagem dos alunos. O professor pode ainda trocar experiências com outros colegas em qualquer parte do mundo através da internet, uma vez que por ser *open source*, os projetos feitos com o Arduino são disponibilizados constantemente na rede. Sendo assim, por ser uma plataforma livre e que possibilita a interação e troca de informações entre seus usuários, o Arduino é uma ferramenta que, se bem aproveitada, pode permitir um avanço significativo em diversas áreas da educação.

⁵ Disponível em:

<https://www.google.com/trends/explore#q=arduino%2C%20lego%20mindstorm%2C%20basic%20stamp&cmpt=q&tz=Etc%2FGMT%2B3>. Acesso em: mai. 2016.

Uma área em que o Arduino vem sendo utilizado de maneira cada vez mais efetiva é no ensino de física. Como exemplo, podemos citar os trabalhos de: Rodrigues e Cunha (2014), que apresentam muitas formas de como o Arduino pode ser implementado na aquisição de dados no ensino de física, utilizando sensores de temperatura, luminosidade, umidade, pressão atmosférica, entre outros; Souza, Paixão et al. (2011), que apresentam uma alternativa de baixo custo para aquisição de dados utilizando o computador e o Arduino, especificamente em um oscilador amortecido e em um experimento de transferência radiativa de calor; Rocha e Guadagnini (2014), que apresentam uma proposta didática utilizando o Arduino junto a um sensor composto de um transdutor de pressão piezoresistivo, para realização de um experimento que consistia em medir a pressão manométrica de um sistema gasoso e compará-la com a pressão atmosférica; e Cavalcante, Tavolaro e Molisani (2011), que propõem um experimento para estudar o processo de carga e descarga de capacitores.

Como pode ser utilizado em conjunto com sensores, o Arduino se torna praticamente indispensável em experimentos de física. Alguns exemplos disso são os diversos sensores que já são projetados propriamente para o Arduino: existem sensores de umidade, de temperatura, de campo magnético, de corrente elétrica, de luz, etc. O professor pode criar seu próprio projeto ou, caso ainda não tenha domínio suficiente, pesquisar projetos já prontos na internet, onde já existem diversos tutoriais e artigos científicos relacionados ao ensino de física. Por esse motivo, e por ser baseada em *hardware* e *software* abertos, a placa Arduino pode ser considerado um REA (Recursos Educacionais Abertos) (FILHO, 2015).

Uma das utilizações mais comuns do Arduino é para aquisição de dados através de um sensor. Segundo Martinazzo e Trentin (2014), equipamentos de aquisição de dados de baixo custo baseiam-se na lógica digital e analógica das portas de entrada do computador (no caso do Arduino, a porta utilizada é a USB, que em português significa Porta Serial Universal), o que o torna basicamente “um sistema que lê sinais elétricos em sensores expostos ao ambiente a partir de suas portas digitais e analógicas” (MARTINAZZO; TRENTIN et al., 2014, p. 24).

Experimentos de física assistidos por computadores têm sido uma alternativa muito utilizada no laboratório de ensino de física, principalmente por empresas que se especializaram em criar kits de laboratório. A maioria desses kits possuem experimentos que utilizam o computador para adquirir e analisar dados do experimento, porém tais experimentos possuem um alto custo aquisitivo, o que na maioria das vezes inviabiliza seu uso por professores da rede pública. Dentre as alternativas ao uso desses kits, existem os microcontroladores, ou ferramentas baseadas em microcontroladores, como o Arduino. Segundo Souza e Paixão

(2011), existem algumas empresas do setor eletrônico que, seguindo outra vertente à dos kits didáticos, produzem equipamentos, como o Arduino, que:

Adaptam o PC [computador] para as mais diversas funções que vão desde a aquisição de dados até o controle de complexas linhas de produção na indústria. Entre estes produtos estão as placas de aquisição de dados que junto com um sortimento imenso de transdutores permitem usar o PC para a medida e o registro das mais diferentes variáveis físicas. Estes produtos, por permitirem uma ampla flexibilidade de montagens experimentais, são encontrados ostensivamente em laboratórios de pesquisa e também em laboratórios didáticos. Há uma enorme variedade de placas de aquisição de dados, desde projetos muito simples até os muito sofisticados, que podem chegar a custar alguns milhares de reais (SOUZA; PAIXÃO et al., 2011, p. 1).

No entanto, o uso do Arduino e de microcontroladores no ensino de física ainda não é tão efetivo como poderia ser devido a suas vantagens. Os motivos para isso “vão desde o desconhecimento puro e simples até a pouca oferta no mercado nacional e o preço” (SOUZA; PAIXÃO et al., 2011, p. 1). Embora sejam uma alternativa de mais baixo custo aos kits industrializados, algumas placas microcontroladoras ainda possuem um preço relativamente alto. No caso do Arduino, esse preço é muito mais baixo que outras placas microcontroladoras, mas o problema aqui é a falta de informação e de conhecimento. Como se trata de uma ferramenta relativamente nova (as primeiras placas Arduino surgiram em 2005), em grande parte dos cursos de licenciatura não existe nenhuma ou quase nenhuma referência ao Arduino.

No próximo capítulo, apresentaremos um pouco do histórico do desenvolvimento de práticas experimentais no ensino de física. Falaremos também sobre a importância que a experimentação tem para este ensino e de sua relação com tecnologias como o computador.

4 EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

Neste capítulo será inicialmente abordado o contexto histórico do desenvolvimento da prática experimental no ensino de física, onde serão apresentados alguns dos projetos de ensino de física que surgiram no decorrer do século passado, cujo foco principal era a experimentação, e seu impacto no desenvolvimento da Ciência e da Educação na época. Em seguida será discutida a importância da utilização de experimentos para o ensino de física e para o desenvolvimento do aluno quanto crítico ao papel que a física, e a Ciência de um modo geral, tem na sociedade atual. Para isso será abordado o papel de tecnologias como o computador, mais especificamente a coleta automatizada de dados através dos computadores na prática experimental, e como isso pode refletir na alfabetização científica dos alunos. Serão apresentadas também as principais barreiras encontradas para a implementação desse tipo de prática no ensino. E por fim será discutido a importância das ideias de Vygotsky para a prática experimental no ensino de física.

4.1 História

A prática experimental é algo que é indissociável do ensino de física. É difícil imaginar que se pode obter um conhecimento mais aprofundado da física sem que se tenha uma ideia de como ela se faz presente no universo que nos cerca. Foram as experiências que permitiram que inúmeras teorias fossem comprovadas e são as experiências que irão comprovar diversas outras teorias no futuro. Cada vez mais os esforços e empreendimentos para se comprovar determinada teoria de forma experimental são maiores, mais caros e mais ousados. Como exemplos, podemos citar as recentes comprovações da existência do *bóson de Higgs* e das ondas gravitacionais, que só foram realizadas graças ao investimento em equipamentos e experiências caras e sofisticadas. Assim como o desenvolvimento da física depende da experimentação, o ensino de física também depende da prática e não apenas da teoria.

No entanto, prática e teoria no ensino de física nem sempre estiveram interligadas. Embora a prática experimental fosse considerada importante para o ensino, o principal referencial ainda era o livro texto (MOREIRA, 2000). Os primeiros registros de vínculos de prática experimental e ensino formal são os livros didáticos do físico francês Adolphe Ganot, publicados na França no século XIX. A principal característica desses livros que os diferenciava dos demais era que eles apresentavam uma abordagem experimental, baseada na apresentação

dos equipamentos e demonstração dos experimentos que deviam ser realizadas pelo professor (GASPAR, 2014). Até então, as práticas experimentais com objetivo didático sempre eram realizadas a fim de apenas demonstrar os fenômenos, sem mensurá-los ou coletar dados. O professor era sempre considerado como o detentor do conhecimento, logo, apenas ele poderia realizar as experiências.

Até meados do século XX, a prática experimental nas escolas (quando esta existia) usava equipamentos em tamanhos que permitissem a visualização a grandes distâncias, o que encarecia sua fabricação impedindo que muitas escolas pudessem ter acesso. O fato de serem equipamentos grandes, também fazia com que os alunos não precisassem se aproximar dos equipamentos, deixando a cargo apenas do professor o seu manuseio. Além disso, os instrumentos utilizados eram sempre levados até as salas de aula, dispensando assim o uso de laboratórios didáticos. Segundo Gaspar (2014), este tipo de ensino apresentava uma metodologia pedagógica tradicional, cujas características básicas eram:

- O professor detinha a autoridade do saber: *magister dixit* [“o mestre disse”, em latim];
- O aluno se mantinha em atitude passiva: dele se exigia exclusividade e/ou preferencialmente a memorização e a reprodução das palavras do professor ou do livro didático;
- Privilegiava-se o cumprimento do currículo, que obedecia a uma sequência de conteúdos consagrada pelos próprios livros didáticos ou imposta à eles e às escolas por regulamentações oficiais (GASPAR, 2014, p. 14).

Como na França e em outras partes do mundo, a maneira como a prática experimental era realizada no Brasil, no que diz respeito ao ensino, também era tradicional. Esse tipo de metodologia recebeu duras críticas da Escola Nova, um movimento que no Brasil foi formado por um grupo de filósofos e pedagogos liderado pelo educador e sociólogo Fernando de Azevedo, que em 1932 publicou o Manifesto dos Pioneiros da Educação Nova, onde apresentava suas próprias concepções para a educação e que criticava o modelo de ensino tradicional (Ibid.). A Escola Nova defendia a ideia de que o aluno não deveria ser visto como sujeito passivo no processo de aprendizado, pelo contrário, o aluno deveria ser encarado como principal agente da aquisição do próprio conhecimento. Dessa forma, as metodologias de ensino deveriam centrar-se no aluno e não no professor.

No entanto, no que diz respeito ao ensino experimental de física, as concepções pedagógicas da Escola Nova logo perderam força. Para Gaspar (2014, p. 16), isso ocorreu devido “à crença ingênua de que os alunos buscariam espontaneamente a aquisição de conhecimentos” (o que em geral não ocorria) e porque “as práticas tradicionais foram então

consideradas responsáveis pelo extraordinário avanço da ciência e da tecnologia ocorrido naquela época”.

No final da década de 1950, com o lançamento do satélite soviético Sputnik, teve início a corrida espacial entre EUA (Estados Unidos da América) e URSS (União das Repúblicas Socialistas Soviéticas). Considerando que estavam perdendo esta corrida, os EUA culpavam os métodos tradicionais de ensino de ciências pelo atraso tecnológico do país e, para reverter este quadro, uma comissão formada por físicos norte-americanos, chamada *Physical Science Study Committe* (PSSC), lançou um projeto visando a reformulação do ensino de física no país e a capacitação de mais jovens para as Ciências e Engenharias (GASPAR, 2014 e CARVALHO et al., 2011). Iniciado no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), em 1957, o enfoque do PSSC era a parte experimental, de forma que o material criado pelo projeto trazia sempre o conteúdo atrelado a um experimento.

[...] Tais projetos eram construídos pensando em despertar o interesse dos alunos para as Ciências e a Engenharia. Em sua maioria, o forte apelo à conceituação era marca registrada desses projetos. Mas ênfase também era dada a parte experimental, e os alunos eram convidados a resolver problemas e a investigar situações científicas (CARVALHO et al., 2011, p. 40).

O PSSC defendia a ideia de que o aluno se sentiria mais estimulado a aprender se realizasse experiências onde pudesse fazer “descobertas científicas”, ou seja, realizar experimentos cujos resultados lhe são desconhecidos, simulando, assim, o papel do cientista. Segundo o PSSC, isso faria com que a ciência e a atividade científica parecessem mais significativas aos olhos dos estudantes.

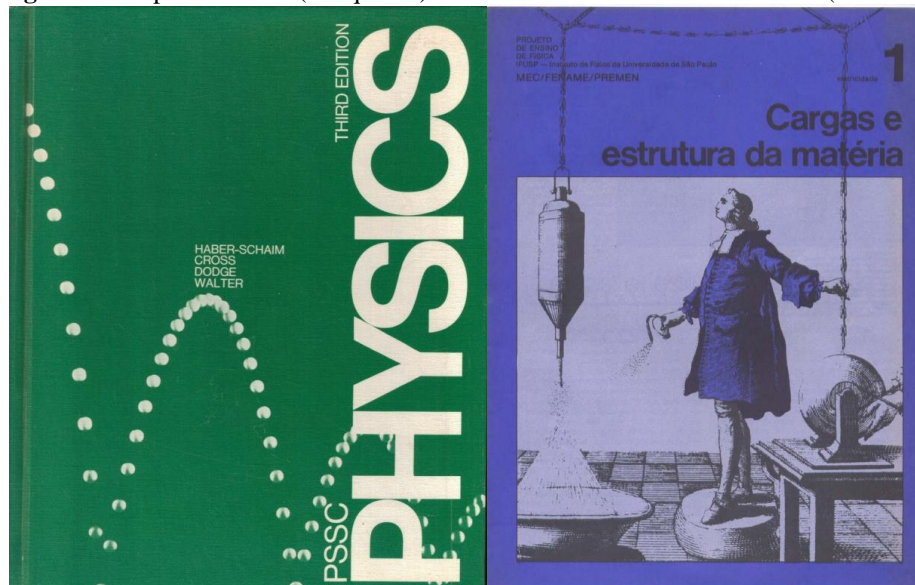
O objetivo dos criadores do PSSC era fazer com que os alunos entendessem melhor o método científico, aplicando-o na prática (FERNANDES, 1997). O projeto não se tratava apenas de livros didáticos, era, além disso, segundo Moreira (2000, p. 94), “um projeto curricular completo, com materiais instrucionais educativos inovadores e uma filosofia de ensino de física, destacando procedimentos físicos e a estrutura da física”. O projeto tinha, além do livro texto, propostas de atividades experimentais (baseada em um guia contendo experimentos simples e de fácil reprodução) e produção textual, treinamento dos professores e conteúdo atualizado (ROSA e ROSA, 2012b). Assim, as aulas experimentais eram planejadas como uma espécie de laboratório de investigação científica, onde a principal finalidade era o desenvolvimento experimental (CARVALHO et al., 2011).

O PSSC também chegou a outros países, como o Brasil, onde foi publicado originalmente em 1960, pela *D. C. Heath & Co.*, e traduzido em 1963 pela Editora Universidade de Brasília (MOREIRA, 2000). Por influência do PSSC, vários projetos similares foram criados

em outros lugares do mundo, com destaque para o *Harvard Physics Project*, também nos Estados Unidos; o *Nuffield*, na Inglaterra; e o *Projeto de Ensino de Física* (PEF), desenvolvido pela Universidade de São Paulo (USP) no Brasil (Ibid.). Além de servir como inspiração para a criação de outros projetos de ensino de física no mundo, o PSSC criou um novo método de ensino, baseado na experimentação e participação efetiva do aluno, rompendo assim com o paradigma tradicional (GASPAR, 2014).

A aplicação do PSSC no Brasil foi muito restrita, apenas poucos professores tiveram acesso ao projeto, sendo que a grande maioria sequer tinha conhecimento de sua existência. Dessa forma, apenas poucas escolas secundárias utilizaram o PSSC (GASPAR, 2014). No entanto, mesmo nas escolas em que foi aplicado o projeto não obteve o êxito esperado. O principal motivo para isso se deve ao fato de, apesar de trazer uma proposta inovadora, o PSSC ter sido trazido para o Brasil da maneira que foi idealizado, ou seja, baseado na realidade de ensino norte-americana, que do ponto de vista cultural e socioeconômico era muito diferente da brasileira. Porém esse problema logo foi notado e, para corrigi-lo, em 1970 começou-se a buscar verbas para iniciar a implementação de projetos nacionais, que levassem em conta a realidade sociocultural brasileira (FERNANDES, 1997 e CARVALHO et al., 2011). Entre estes projetos nacionais se encontra o já citado PEF que da mesma forma que o PSSC trazia a parte experimental indissociável do livro texto, onde o aluno era o principal sujeito da aprendizagem e com o método científico como base da atividade experimental.

Figura 7 – Capas do PSSC (à esquerda) e do Livro 1 de Eletricidade do PEF (à direita).



Fonte: Site Ciência à Mão da USP⁶.

⁶ Disponível em: <http://www.cienciaao.usp.br/tudo/recursos.php?tipo=textos>. Acesso em: jun. 2016.

No entanto, apesar de todos os esforços dos professores e governantes, e apesar de suas propostas inovadoras, tanto o PSSC quanto os outros projetos dele derivados, não obtiveram os resultados esperados, acabando por serem abandonados em todos os países no decorrer do tempo. Segundo Gaspar (2014), as principais razões para o fracasso destes projetos são, primeiramente, o fato de grande parte dos profissionais envolvidos na criação dos materiais e na escolha dos conteúdos serem físicos dedicados exclusivamente à pesquisa, que não tinham conhecimento nenhum em pedagogia e que não lecionavam no ensino médio. Devido a isso, o currículo criado nos projetos era distinto dos adotados nas escolas e por isso não eram de domínio dos professores. Ainda segundo Gaspar, o outro motivo para o fracasso foi a crença de que se poderia aprender simplesmente através da interação direta com o material produzido, ou seja, a crença de que os alunos poderiam “redescobrir as leis científicas por meio de atividades experimentais — defendida, sobretudo, no PSSC e PEF” (GASPAR, 2014, p. 30), o que para Gaspar é, além de um equívoco pedagógico, principalmente um equívoco epistemológico.

4.2 A importância da experimentação para o ensino de física

Segundo uma pesquisa realizada por Pedroso (2009), existem vários motivos que tornam a experimentação essencial para a Educação Básica:

1. estimular a observação acurada e o registro cuidadoso dos dados; 2. promover métodos de pensamento científico; 3. desenvolver habilidades manipulativas; 4. treinar em resolução de problemas; 5. esclarecer a teoria e promover a sua compreensão; 6. vivenciar o processo de encontrar fatos por meio da investigação chegando aos seus princípios; 7. motivar os alunos (PEDROSO, 2009, p. 2).

Ou seja, a experimentação é importante porque rompe com a aprendizagem baseada em respostas certas (PEDROSO, 2009) e leva o aluno a confrontar a teoria estudada com os dados observados. Além disso, o aluno desenvolve suas capacidades motoras através da manipulação dos experimentos, uma vez que muitas vezes estes exigem cuidados e precisão na hora de serem realizados.

Outro importante papel da prática experimental é o de permitir que o currículo de física considere as dimensões socioculturais das ciências. Isso acontece porque uma das principais parceiras da prática experimental são as tecnologias, que estão cada dia mais presente no dia-a-dia dos alunos na forma de computadores, *tablets*, celulares, internet, *games* etc. Em um cenário onde as práticas do ensino de física remontam a séculos passados (CARVALHO et al., 2011), a experimentação pode trazer uma renovação para a educação, trazendo-a de vez para o século XXI, através de currículos que considerem o impacto da tecnologia na sociedade.

No entanto, levar experimentos para a sala de aula, por mais inovadores que estes sejam, por si só não garante ao professor ter sucesso em sua prática. Para Carvalho et al. (2011), embora as atividades experimentais façam parte do currículo há mais de um século, muitas vezes elas se limitam a “aulas extremamente estruturadas com guias do tipo ‘receitas de cozinha’”. Neste tipo de metodologia, os alunos lidam apenas com a colheita e anotação de dados, sem dar um significado maior a atividade que está realizando. É muito comum em laboratórios de física, alunos que realizam experimentos de maneira automática, seguindo apenas os guias de trabalho que o professor lhes entregou. Na maioria das vezes não existe discussão dos fenômenos estudados, isso porque grande parte dos guias não traz tais discussões nem os professores às propõem para os estudantes. Assim, a prática experimental se torna algo mecânico, que em nada contribui para estimular o aluno a aprender física, para desenvolver sua capacidade crítica e científica.

O ensino de física deve visar a alfabetização científica do aluno, ou seja, deve prepará-lo para lhe dar de forma crítica com a maneira como a ciência e a tecnologia estão inseridas na sociedade, e na maneira com que, a partir dessa relação entre ciência, tecnologia e sociedade, pode ser construído o conhecimento científico. Isso significa que o aluno deve estar preparado para lidar com novas práticas e linguagens relacionando-as com as linguagens e práticas do seu cotidiano (CARVALHO et al., 2011). Dessa forma, a “enculturação” científica ou alfabetização científica deve fazer parte das práticas experimentais no ensino de física, e para que isso de fato ocorra é necessário que essas práticas obedeçam a certos requisitos (Ibid.):

1. Superação das concepções empírico-indutivas da Ciência: Desejamos que essas atividades deem oportunidade para que os alunos, mesmo não conscientemente, superem as concepções empírico-indutivistas da Ciência. Podemos observar esse ponto tão importante observando se os alunos, ao procurarem resolver as questões (experimentais) propostas pelos professores, levantam hipóteses a partir de seus conhecimentos prévios, submetendo essas hipóteses a provas [...].

2. Promover a argumentação dos alunos: [...] Uma consequência importante para o ensino, principalmente para as aulas de laboratório, é o entendimento de que as observações e o experimento não são a rocha sobre a qual a Ciência está construída; essa rocha é a atividade racional de geração de argumentos com base em dados obtidos. E é essa a meta do nosso ensino: criar um ambiente de aprendizagem de modo que nossos alunos adquiram a habilidade de argumentar a partir dos dados obtidos, procurando a construção de justificativas [...].

3. Incorporar as ferramentas matemáticas: Devemos observar se as aulas estão oferecendo a oportunidade de incorporar o papel essencial das matemáticas no desenvolvimento científico. [...] Ao utilizarem as ferramentas matemáticas (gráficos, equações, fórmulas), os professores propõem questões sobre a utilização dessas ferramentas, relacionando-as com as explicações científicas e fazendo a tradução da linguagem conceitual da física para a linguagem matemática e vice-versa.

4. Transportar o novo conhecimento para a vida social: Precisamos observar se as atividades experimentais estão proporcionando a transposição do conhecimento aprendido para a vida social, procurando buscar as complexas relações entre ciências, tecnologia e sociedade, procurando generalizar e/ou aplicar o conhecimento

adquirido, relacionando-o com a sociedade em que vivem. [...] É preciso que os estudantes examinem, argumentem sobre e discutam a natureza de boas evidências e decidam sobre alternativas (CARVALHO et al., 2011, p. 58-60).

O item 1 acima se trata de algo muito importante no ensino de física, mas que muitas vezes não é levado em consideração pelos professores. Não é apenas a realização e observação dos resultados de um experimento que irá fazer com que o aluno efetivamente aprenda. Se ele não tiver o conhecimento teórico do conteúdo estudado que lhe permita tirar as conclusões corretas dos dados obtidos, o experimento não acrescentará em nada na sua formação. Para Gaspar (2014), não é apenas a observação do experimento que leva às descobertas das leis científicas, mas sim a observação que é realizada com embasamento conceitual. A observação não necessariamente implica que o observador compreende o que vê. É por isso que antes de partirem para o experimento, os alunos já devem ter estudado o conteúdo, para que assim, conforme indicado no item 2, eles possam “argumentar a partir dos dados obtidos”, ou seja, para que eles possam analisar de forma crítica os resultados do experimento. Dessa forma é possível criar um ambiente de discussões entre os alunos e não apenas realizar uma coleta de dados “mecânica”. Mas é bom que se esclareça que isso não significa de maneira alguma que a observação não seja uma importante ferramenta da atividade experimental, pois como bem esclarece Gaspar (2014, p. 49), “certamente há método por trás das observações, da realização das medições, da obtenção e análise de dados, das verificações e da elaboração de conclusões, entre outros procedimentos relacionados à atividade científica”.

A prática experimental deve estar, portanto, embasada pela teoria. Dessa maneira, ao realizar o experimento, o professor precisa ter o cuidado de relacioná-lo com os conhecimentos prévios que os alunos têm antes da prática. Dentre estes conhecimentos estará a matemática, que o aluno já deve ter visto relacionada à física, mas apenas através de gráficos e equações. O experimento é uma oportunidade de mostrar ao estudante o que realmente significa todas as fórmulas que ele viu o professor escrever no quadro, e, além disso, o próprio estudante pode ficar encarregado de transformar os dados obtidos em gráficos, dando assim significado a matemática estudada anteriormente.

A experimentação também deve ser capaz de transpor o conhecimento da sala de aula, mostrando aos alunos o importante papel que a física teve e continua tendo no desenvolvimento social, cultural e econômico. Sendo assim, é importante que a prática experimental esteja relacionada com as tecnologias que fazem parte do cotidiano dos alunos, para que assim seja possível transpor o conhecimento para fora da sala de aula e alcançar o seu dia-a-dia.

4.3 O computador e a prática experimental

Como mencionado anteriormente, vivemos atualmente em um paradigma de revolução em várias áreas da sociedade, entre elas a educação, e podemos dizer que grande parte dessa revolução se deve ao avanço da tecnologia. Foi essa nova realidade que levou as escolas a modificar sua forma de ensino: tornou-se necessário “ensinar o estudante a conviver com a tecnologia e prepará-lo para o novo milênio” (CAVALCANTE e TAVAROLO, 2000, p. 421). É por isso que no final do século XX e início do século XXI tivemos a inserção dos computadores nas salas de aula, o que propiciou aos professores tornarem suas aulas mais dinâmicas e atrativas para os alunos a partir das funcionalidades e recursos midiáticos dos computadores (SILVA, MORAIS e FARIA, 2015). A partir disso, é inegável o papel destas tecnologias, que surgem a cada momento, no ensino em geral e em especial no ensino de física.

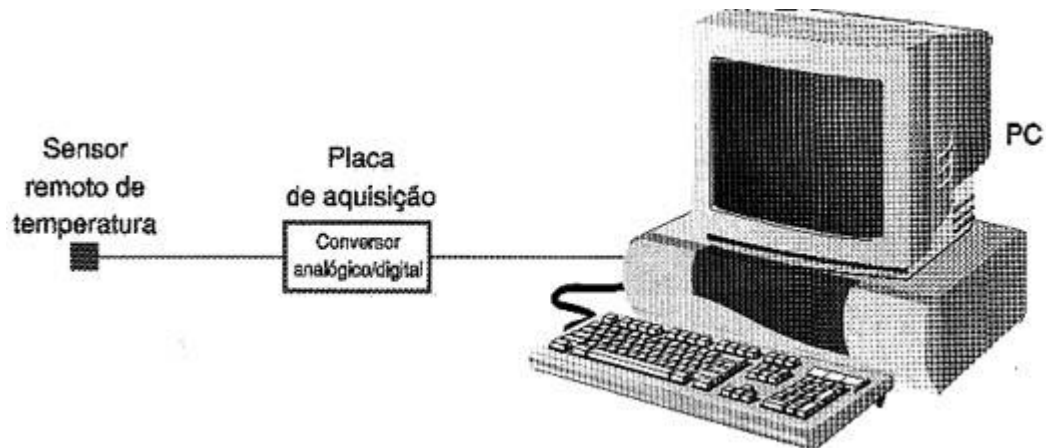
Talvez a maneira mais eficiente de inserir estas tecnologias seja através da prática experimental, uma vez que tal prática traz em sua natureza a própria necessidade de inovação. E o computador tem sido muito importante para a experimentação no ensino de física, pois quando utilizado de forma correta como, por exemplo, para a coleta de dados em tempo real, seu valor para o aprendizado e estímulo do aluno é inestimável (CAVALCANTE e TAVAROLO, 2000). Porém, as potencialidades dessa máquina costumam ser subutilizadas nas escolas, uma vez que seu uso principal têm sido apenas o de ferramenta de fazer *slides*, preparar textos, realizar pesquisas na internet, ver vídeos, etc. Embora esse tipo de atividade também seja importante, quando a utilização dos computadores se limita apenas a elas, pode-se correr o risco de formar alunos de forma inadequada, sem a devida educação e alfabetização científicas (HAAG, ARAUJO e VEIT, 2005). Se bem aproveitado como ferramenta didática, o computador pode estreitar as relações entre aluno, professor e experimento, e para isto é necessário que os docentes estejam preparados para lidar com as inovações cada vez mais rápidas dessas máquinas (SILVA, MORAIS e FARIA, 2015), de maneira que sempre estejam familiarizados com os computadores tanto ou mais que seus alunos.

Dada a sua importância, é preciso que exista um planejamento do professor que vai utilizar o computador em sua prática. Dentre as várias possíveis aplicações no ensino, talvez a que mais se encaixe na prática experimental seja a aquisição de dados em tempo real, que transforma o trabalho “braçal” de coleta de dados do experimento, que antes era realizada pelos alunos, em trabalho para a máquina. Em primeiro lugar isso permite que os dados obtidos sejam mais precisos, em segundo lugar a coleta de dados é realizada de maneira mais rápida, e em

terceiro lugar, conseqüentemente, possibilita que os estudantes tenham mais tempo para dedicar-se a análise, interpretação e compreensão dos dados (SILVA, MORAIS e FARIA, 2015). Haag, Araujo e Veit (2005, p. 70) destacam ainda outros motivos para se utilizar a aquisição automática de dados no ensino: a utilização deste tipo de ferramenta pode “enriquecer as experiências de aprendizagem” dos alunos, de modo a estimulá-los mais a aprender física e permitir que eles visualizem melhor a relação entre a teoria, ou seja, os números e as fórmulas, e a realidade; e o motivo mais importante está relacionado a “alfabetização científica”, pois segundo os autores, utilizar os computadores para este fim permite aos alunos entenderem o “estágio atual da Ciência” e, principalmente, qual o real papel que a tecnologia desempenha na sociedade, seja “em um consultório médico, quando são realizadas ecografias, ou nos sistemas de controle de produção em uma indústria têxtil, por exemplo”.

Embora possa parecer uma prática do século XXI, a aquisição automática de dados através do computador é relatada desde os anos 1970 (FIGUEIRA, 2005). Este tipo de prática só começou a ser possível a partir da criação dos A/D ou ADC (*Analog to digital converter*, ou Conversores Analógico/Digital em português). A maioria dos computadores não permitia a conexão direta de sensores analógicos, pois os “computadores e muitos circuitos que processam dados obtidos de sensores operam exclusivamente com sinais digitais” (NEWTON C. BRAGA, 2014a). Sendo assim, necessitavam de alguma interface que possibilitasse a transformação dos sinais analógicos dos sensores em sinais digitais. É esse, portanto, o papel dos ADCs: transformarem sinais analógicos em sinais digitais que possam ser processados pelos computadores. Atualmente os computadores já possuem ADCs o que faz com que algumas de suas entradas permitam a conexão direta com sensores analógicos, como é o caso da placa de som. No entanto, as entradas mais utilizadas nos computadores devido a sua praticidade são as USB, que necessitam de uma ADC externa ao computador para transmitir os sinais convertidos ao computador. Um exemplo de utilização de um sensor de temperatura (sinal analógico) conectado a uma placa de aquisição com um ADC pode ser visto no esquema simplificado da imagem a seguir.

Figura 8 – Esquema de conexão de um computador a uma placa de aquisição e a um sensor de temperatura.



Fonte: Página do Newton C. Braga⁷.

Os tipos de dados analógicos que podem ser obtidos através do computador variam muito, pode-se, por exemplo, utilizá-lo para adquirir medidas de tempo ou, dependendo dos sensores utilizados, medidas de tensão, temperatura, luminosidade, umidade, etc. No entanto, segundo Aguiar e Laudardes (2001, p. 371),

Apesar de todas estas características favoráveis, os computadores têm sido pouco usados nos laboratórios didáticos. E quando isto ocorre, é quase sempre com o auxílio de kits pré-fabricados - pacotes de circuitos eletrônicos e programas produzidos por empresas especializadas, vendidos a preços relativamente altos, e que muitas vezes operam como verdadeiras caixas-pretas.

Embora sejam importantes para o ensino de física, estes kits experimentais em geral não permitem que o professor possa modificá-los para adaptá-los à realidade dos seus alunos e, além disso, são limitados a experiências específicas. Dessa forma o professor não tem a autonomia necessária para a prática didática, uma vez que os kits só permitem “utilizar e explorar os recursos previamente oferecidos” (CAVALCANTE e TAVAROLO, 2000, p. 421). Sendo assim, é importante buscar alternativas que também possibilitem a aquisição automática de dados, mas que deem mais liberdade aos docentes.

Mas para realizar efetivamente a aquisição de dados em larga escala nas escolas do Brasil existem alguns problemas que precisam ser confrontados e resolvidos. Para Haag, Araujo e Veit (2005), esses problemas são o número insuficiente de computadores nas escolas que não atendem à demanda da grande quantidade de alunos; os sistemas de aquisição até bem pouco tempo atrás eram muito caros; e a falta de conhecimento dos professores para trabalhar com as

⁷ Disponível em: <http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/1508-conversores-ad>. Acesso em: jun. 2016.

interfaces que existem no mercado e para confeccionar sistemas de aquisição de dados de baixo custo.

É possível utilizar o computador como uma ferramenta didática para aquisição de dados em experimentos de física, desde que satisfeitas as condições mínimas para sua utilização. Sendo assim, a partir deste uso dado ao computador, também é possível ao professor diversificar suas aulas, influenciando de forma positiva a aprendizagem de seus alunos, “que começam a participar ativamente das aulas transformando-se de sujeitos passivos a sujeitos ativos, interagindo com o conteúdo e criando estratégias para a solução dos problemas propostos pelo professor” (SILVA, MORAIS e FARIA, 2015, p. 251).

4.4 Dificuldades na implementação da prática experimental

Apesar de ser fundamental para a aprendizagem de conceitos científicos (GASPAR, 2014), a prática experimental não é algo simples de ser implementada. Ela exige um mínimo de conhecimento e certo domínio por parte dos professores. É importante levar em consideração que não basta apenas levar experimentos para a sala de aula e realizá-los de qualquer maneira. É preciso considerar a forma como o experimento é realizado pelo professor ou pelo aluno, para que assim se possa tirar o máximo proveito da atividade proposta.

Os professores apontam problemas estruturais das escolas que dificultam a implementação desse tipo de prática. Entre estes problemas estão a “falta de material e de equipamentos; falta de local adequado para realizar as atividades; falta de tempo para seu preparo; e, por fim, número insuficiente de aulas na carga horária” (GASPAR, 2014, p. 8). As consequências disso para o ensino é que a utilização da prática experimental em escolas públicas é muito rara, e quando acontece muitas vezes é de forma não sistematizada e “sem metodologia definida” (Ibid.). Além disso, segundo Bezerra et al. (2009), os professores não se sentem preparados para utilizar novas metodologias em sua prática docente, o que é resultado da falta de uma boa formação que permitiria à eles lidar melhor com o desenvolvimento cognitivo dos alunos e, conseqüentemente, aproximando os conteúdos ensinados em sala de aula da realidade destes.

Embora existam dificuldades estruturais e de formação, também existe um grande número de experimentos simples e de baixo custo que podem ser aplicados facilmente, porém, nem mesmo assim há registros em pesquisas em ensino de física do uso frequente deste tipo de atividade. Nesse sentido, Gaspar (2014) defende a ideia de que o principal problema para

implementação da prática experimental no ensino é de ordem pedagógica. Ainda segundo Gaspar, para ter certeza de como a prática experimental pode ser usada e se pode ter impactos positivos na aprendizagem do aluno, é preciso saber como a aprendizagem ocorre no cérebro e como as estruturas mentais dos alunos interagem com este tipo de prática.

4.5 As atividades experimentais a partir da teoria sócio-histórico-cultural de Vygotsky

A espécie humana, como conhecemos hoje, é resultado de um longo processo de evolução iniciado há milhões de anos. Na medida em que nos distanciamos dos nossos ancestrais, os antigos *australopitecinos*⁸, nos tornamos hominídeos (palavra derivada do latim e que significa *homem*): adquirimos a bipedalidade (aprendemos a andar apoiados nas duas pernas), começamos a fabricar ferramentas (*homo habilis*) e a andar de forma ereta (*homo erectus*). Na medida em que avançamos, acabamos por aumentar a nossa massa cerebral, adquirimos consciência e desenvolvemos a linguagem. Nos transformamos no que muitos cientistas denominam de *homo sapiens sapiens* (o homem que sabe que sabe)⁹. Para tanto, segundo Vygotsky, construímos um sistema de signos linguísticos capaz de atender às nossas necessidades de comunicação, o que nos levou a dar significado as coisas, a distinguir os objetos, a criar abstrações e generalizações através das palavras.

De acordo com a teoria sócio-histórico-cultural de Vygotsky, diferentemente dos animais, nós, seres humanos, não operamos apenas no mundo das impressões imediatas, mas também no mundo das concepções abstratas racionais, pois refletimos sobre a essência das coisas e as suas relações (LURIA, 1984)¹⁰.

Assim, ao formular a sua teoria, ele abordou inúmeros conceitos (mediação, signos, sistemas de símbolos, zona de desenvolvimento proximal, desenvolvimento, aprendizado e outros) que são importantes para entendermos o processo de desenvolvimento dos indivíduos. Ao se opor tanto as teorias inatistas (que acreditam que os seres humanos já carregam ao nascerem características que irão se desenvolver ao longo da vida), quanto as empiristas e comportamentais (consideram que os conhecimentos construídos pelos sujeitos são resultado

⁸ Usamos como referência o livro intitulado *Cronologia das ciências e das descobertas* de Isaac Asimov (2008),

⁹ Segundo Asimov (2008), essa terminologia não é muito apropriada. Deveria ser substituída por *seres humanos modernos*, para deixar bem claro que o título engloba mulheres, homens e crianças e não exclusivamente os homens.

¹⁰ Segundo Luria (1984), a linguagem dos animais não possuiria essas características, consistindo apenas em uma “quase linguagem”.

apenas dos estímulos externos recebidos do meio), Vygotsky defende que os indivíduos e o mundo possuem uma relação de interdependência, pois “as estruturas de pensamento do ser humano não são genéticas, mas constroem-se na sua ontogênese por meio da interação social de cada ser humano no ambiente cultural em que vive” (GASPAR, 2014, p. 194).

Portanto, ao mesmo tempo em que o ser humano transforma o meio para atender suas próprias necessidades, o ambiente interfere e também transforma o homem. O conceito de interação foi amplamente discutido por Vygotsky, tendo em vista que ele só existe, efetivamente, em relação ao desenvolvimento de uma atividade, se houver, entre os parceiros envolvidos, alguém mais habilitado. Em outras palavras, isso significa que todo aprendizado é necessariamente mediado por *outrem*, pois os sujeitos não aprendem sozinhos como consequência de fatores puramente biológicos.

O desenvolvimento da espécie humana e do indivíduo dessa espécie está, pois, apoiado na aprendizagem que implica sempre a participação, direta ou indireta, de outros indivíduos (OLIVEIRA, 2010), isto é, os seres humanos se desenvolvem na medida em que interagem com o meio e com os pares através de um movimento de internalização e externalização de signos e dos sistemas de símbolos (como a linguagem). Por isso que, em relação à prática experimental, Gaspar (2014) defende que, em qualquer que seja a etapa de realização, ela necessita de alguma colaboração do professor:

[...] a realização de uma atividade experimental por um grupo de alunos sobre determinado conteúdo só possibilita a aprendizagem desse conteúdo se esse grupo contar com a colaboração de alguém que domine esse conteúdo e oriente a realização dessa atividade em todas as suas etapas [...] (GASPAR, 2014, p.210-211).

Da mesma forma, acreditamos que, como elucida Gaspar (2014), a colaboração do professor é importante não apenas no que concerne à aprendizagem do conteúdo de física, mas, também, da prática experimental dessa disciplina. Portanto, mesmo que o experimento a ser realizado tenha um roteiro a ser seguido, é imprescindível que exista o acompanhamento e participação efetiva do professor, sem contanto, tirar a autonomia do aluno.

Todo conteúdo de ciências humanas, exatas ou biológicas pode ser ensinado e aprendido por meio de mais variadas estratégias pedagógicas, desde que elas possibilitem o desencadeamento de interações sociais da quais participe o professor, ou eventualmente, outro parceiro mais capaz que domine cognitivamente o conteúdo que é o objeto de ensino dessa interação (GASPAR, 2014, p.209).

No entanto, embora a interação seja uma condição necessária para que haja a aprendizagem, ela não é suficiente. Se deve evitar, de acordo com Vygotsky, a falsa e ingênua

ideia de que o simples contato com a atividade experimental é o único requisito para que o aluno aprenda um determinado conteúdo, pois, embora a aprendizagem seja um fator determinante no nosso desenvolvimento cognitivo, há, no mínimo, dois elementos que contribuem para que ela ocorra: a motivação e o pensamento (GASPAR, 2014).

A motivação é a base de toda e qualquer aprendizagem e a origem do pensamento (GASPAR, 2014). Desse modo, se o pensamento origina a motivação, pode-se dizer que:

[...] a interiorização da linguagem, origem do pensamento, só ocorre se houver um motivo, para que a mente se disponha a “assumir” essa tarefa. Então, se para aprender é preciso pensar, pode-se concluir que para aprender é preciso também querer – não há aprendizagem à revelia (GASPAR, 2014. p.178).

Gaspar (2014, p. 179-180), ao discutir sobre as atividades experimentais no ensino de física e fundamentar o seu uso em sala de aula a partir da teoria de Vygotsky, enfatiza a importância de se “apresentar aos alunos o motivo, ou motivos, pelos quais cumpre reformular suas pré-concepções [...]”, de modo com que eles possam reformular suas próprias concepções prévias sobre um dado conteúdo. Assim, os alunos “mobilizarão, consciente ou inconscientemente, suas mentes para construir novas estruturas de pensamento necessárias à aquisição do conteúdo ensinado” (Ibidem, p.180).

A aprendizagem, no entanto, não se consolida de maneira imediata, muito pelo contrário, ela requer tempo. De fato, como ressalta Gaspar (2014), há uma diferença crucial entre *entender* e *aprender* do ponto de vista da teoria vygotskyana.

Enquanto *entender* é um processo imediato, pois requer apenas que o aluno assimile as explicações dadas pelo professor, *aprender* demanda tempo, já que é necessário que ele construa novas estruturas de pensamento capazes de possibilitar a efetiva aprendizagem. Pode-se inferir que:

A aprendizagem de qualquer conteúdo é um processo longo que apenas se inicia quando é apresentado e só se completa quando a construção das estruturas mentais necessárias para a sua aquisição se completa (GASPAR, 2014. p.247).

Outro conceito muito importante, fundamental na teoria vygotskyana, é a zona de desenvolvimento proximal. Conforme Oliveira (2010), a zona de desenvolvimento proximal é o caminho ou a “distância”, entre o que o aluno consegue realizar sozinho (nível de desenvolvimento proximal) e o que ele apenas consegue realizar através da ajuda de um adulto ou de outras colegas mais experientes (nível de desenvolvimento potencial). Daí reside a importância da intervenção pedagógica, pois “é na zona de desenvolvimento proximal que a interferência de outros indivíduos é mais transformadora” (Ibidem, p.64).

Nesta perspectiva, ao conhecer o nível de desenvolvimento dos alunos, o professor não deve dirigir o ensino para as etapas intelectuais que já foram alcançadas, ainda que as leve em consideração, mas para os estágios que as crianças ainda não atingiram. A preocupação de Vygotsky era a de alertar os professores para o fato de que os testes costumavam avaliar apenas o nível cognitivo atual e real do aluno e não, necessariamente, o que ele ainda era capaz de construir de maneira autônoma (GASPAR, 2014).

Em seus aprofundamentos a respeito do efeito da interação, da cultura e da linguagem, Vygotsky (2001) coloca em evidência as relações existentes entre os conceitos espontâneos e os científicos. Segundo o autor, os conceitos espontâneos são originários da aprendizagem informal (das experiências cotidianas que os indivíduos vivenciam). Enquanto, os conceitos científicos são resultado da educação formal (a escola) e exigem um nível mais elaborado de abstração. Embora, sejam adquiridos em ambientes diferentes e apresentem trajetórias distintas, eles se influenciam mutuamente já que estão íntima e complexamente conectados (SCHROEDER, 2007).

O desenvolvimento dos conceitos espontâneos e científicos – cabe pressupor – são processos intimamente interligados, que exercem influências um sobre o outro. [...] independentemente de falarmos do desenvolvimento dos conceitos espontâneos ou científicos, trata-se do desenvolvimento de um processo único de formação de conceitos, que se realiza sob diferentes condições internas e externas mas continua indiviso por sua natureza e não se constitui da luta, do conflito e do antagonismo de duas formas de pensamento que desde o início se excluem (VYGOTSKY, 2001, p. 261).

Consoante Gaspar e Monteiro (2005), a diferença entre essas duas categorias de conhecimentos é a presença ou a ausência de um sistema mediado por signos e que implica as funções psicológicas superiores.

A título de conclusão, pode-se dizer que, cabe a escola e ao professor a tarefa de organizar um ambiente propício para aprendizagem, mas é preciso, de antemão, criar condições para que os alunos sejam incentivados a investigar, refletir e debater sobre determinados conceitos e a formular, sempre que necessário, novas hipóteses sobre estes. Sabemos que as dificuldades e as limitações para abordar um conteúdo ou propor uma atividade experimental não decorrem exclusivamente do despreparo do professor ou até mesmo pela falta de recursos, mas pela própria natureza desses conteúdos (GASPAR, 2014).

A escolha de uma atividade experimental deve ser orientada pelo conteúdo que se quer explorar, o que nem sempre é uma tarefa trivial. É comum alguns professores se angustiarem por não encontrar atividades experimentais por meio das quais possam

abordar determinados conteúdos, atribuindo, muitas vezes, essa dificuldade à sua própria incompetência ou despreparo, o que em geral não é uma autocrítica procedente (GASPAR, 2014, p.217).

É justamente para auxiliar o professor, nesse sentido, que Gaspar (2014) apresenta quatro orientações para o uso das atividades experimentais no ensino de física, são elas: a viabilidade, a escolha do tipo de atividade mais adequado para sua realização, a seleção dos conteúdos e a compatibilização de conteúdos com o tipo de atividade escolhida.

No próximo capítulo, apresentamos a metodologia de pesquisa utilizada neste trabalho, os procedimentos metodológicos utilizados e as ferramentas de coleta de dados. Apresentamos também o lócus no qual a pesquisa se desenvolveu e os sujeitos envolvidos na aplicação do produto educacional construído.

5 METODOLOGIA

Neste capítulo discutimos sobre o tipo de pesquisa utilizado neste trabalho, apresentando as ideias de alguns autores que serviram de base para nossa metodologia. Em seguida, descrevemos a instituição de ensino onde ocorreram as aplicações do produto educacional e as turmas que fizeram parte destas aplicações.

5.1 Abordagem de pesquisa qualitativa (interpretativa)

Neste trabalho utilizamos uma abordagem de pesquisa *qualitativa* para desenvolvimento e análise das intervenções realizadas e dos resultados alcançados pelos alunos. Segundo Firestone (1987), a pesquisa qualitativa é aquela para a qual a realidade é socialmente construída, que se preocupa principalmente com a compreensão do fenômeno social através de participação na vida dos atores envolvidos e segundo a visão desses atores. Além disso, “o pesquisador qualitativo torna-se ‘imerso’ no fenômeno de interesse”¹¹ (Ibidem, p. 17, tradução nossa). Para Goldenberg (1997), do ponto de vista da abordagem qualitativa, a principal preocupação do pesquisador não está relacionada a dados numéricos oriundos do grupo que está sendo estudado, “mas com o aprofundamento da compreensão de um grupo social, de uma organização, de uma instituição, de uma trajetória etc” (Ibidem, p. 9).

Alguns autores preferem utilizar o termo “interpretativa” ao invés de “qualitativa” para designar esse tipo de pesquisa. Erickson (1985, p. 2, tradução nossa), prefere o termo “interpretativa” por três razões:

- (a) É mais inclusivo do que outros termos utilizados (por exemplo, etnografia, estudo de caso); (b) evita a conotação de definir essas abordagens como essencialmente não-quantitativas [...]; e (c) aponta para a característica básica comum entre as várias abordagens – interesse central da pesquisa no significado humano na vida social e na sua elucidação e exposição desses significados pelo investigador”.¹²

Para Moreira (2011), a pesquisa interpretativa é aquela que “procura analisar criticamente cada significado em cada contexto” (MOREIRA, 2011, p. 49), e é assim chamada pois se trata de uma análise interpretativa feita por um pesquisador, que realiza uma *observação participativa* (Ibidem, p. 76). Ainda segundo Moreira (2011), as principais características da

¹¹ Texto original em inglês: “The qualitative researcher becomes ‘immersed’ in the phenomenon of interest”.

¹² Texto original em inglês: “(a) It is more inclusive than many of the others (e.g., ethnography, case study); (b) it avoids the connotation of defining these approaches as essentially nonquantitative [...]; and (c) it points to the key feature of family resemblance among the various approaches - central research interest in human meaning in social life and in its elucidation and exposition by the researcher”.

pesquisa interpretativa são, em primeiro lugar, a participação efetiva do sujeito, ou dos sujeitos, que realizam a pesquisa, o que no caso da nossa intervenção se trata do professor que participa da prática proposta junto aos alunos sem, no entanto, tomar o papel dos alunos como principais agentes de seu próprio aprendizado, lhes dando o suporte e ajuda necessária para que venham a obter o êxito nas tarefas propostas. Em segunda lugar vem o registro do fenômeno estudado e o levantamento de evidências do que ocorreu durante a prática proposta e a análise deste conjunto de evidências.

As aplicações consistiram de duas práticas experimentais propostas, onde os alunos realizaram as experiências divididos em grupos e com o auxílio do professor (pesquisador). Dessa maneira, este trabalho foi realizado sob uma metodologia de pesquisa qualitativa (interpretativa), onde o professor (pesquisador) estava presente no ambiente de desenvolvimento da pesquisa, acompanhando e registrando a prática realizada, e discutindo com os alunos a realização e os resultados dos experimentos.

5.2 Procedimentos metodológicos (pesquisa de campo, observação participante) e instrumentos de coleta de dados

O procedimento metodológico utilizado neste trabalho foi a *pesquisa de campo*. Segundo Fonseca (2002, p. 32), este tipo de pesquisa

Caracteriza-se pelas investigações em que, além da pesquisa bibliográfica e/ou documental, se realiza coleta de dados junto a pessoas, com o recurso de diferentes tipos de pesquisa (pesquisa *ex-post-facto*, pesquisa-ação, pesquisa participante, etc.).

Para Erickson (1985), a pesquisa de campo envolve uma participação efetiva em um ambiente de campo, observação e registro cuidadoso do fenômeno que está sendo estudado e dos sujeitos que participam deste fenômeno, e reflexão analítica do registro documental obtido em campo.

Como recurso para nossa pesquisa de campo, foi escolhida a *observação participante*. Para Gerhardt e Silveira (2009, p. 74-75),

A técnica de observação participante ocorre pelo contato direto do pesquisador com o fenômeno observado. Obtém informações sobre a realidade dos atores sociais em seus próprios contextos. [...] A observação participante permite captar uma variedade de situações ou fenômenos que não são obtidos por meio de perguntas. Os fenômenos são observados diretamente na própria realidade. A observação participante apreende o que há de mais imponderável e evasivo na vida real.

A técnica de observação participante apresenta algumas vantagens em relação a outros tipos de técnicas aplicadas à pesquisa. Dentre essas vantagens, podemos destacar “o rápido acesso a dados sobre situações habituais em que os membros da comunidade se encontram envolvidos” (Ibidem, p. 75) e o fato de permitir ao pesquisador captar “palavras de esclarecimento que acompanham o comportamento dos observados” (Ibidem, p. 75).

Os dados coletados durante a pesquisa de campo foram obtidos através de observação cuidadosa da realização dos experimentos pelos alunos, com o registro (realizado pelo professor) escrito e audiovisual das aplicações. Esses dados serviram como base para a análise das aplicações realizadas posteriormente. A outra fonte de dados analisada foram os relatórios produzidos pelos alunos e entregues ao professor num momento posterior às aplicações.

A partir dos dados obtidos durante a observação-participativa das aplicações e dos relatórios escritos pelos grupos após as práticas, procuramos realizar uma análise com base nas seguintes categorias: motivação e interesse dos alunos; habilidades manipulativas dos estudantes; questionamentos e discussões realizadas em grupo e com o professor; e domínio prático/teórico e conclusões dos alunos acerca dos fenômenos estudados.

5.3 Lócus e sujeitos da pesquisa

O desenvolvimento desta pesquisa se deu no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano – *campus* Salgueiro. Todas as aplicações ocorreram no laboratório de física da instituição.

O IF Sertão – *campus* Salgueiro, implantado em 2010 e localizado às margens da BR-232 na zona rural do município de Salgueiro, possui uma área construída total de 6000 m² e recebe estudantes de Salgueiro e outras cidades pertencentes à mesma microrregião. Atualmente, o Instituto oferece cursos regulares na modalidade médio integrado (Agropecuária, Edificações e Informática), subsequente (Agropecuária, Edificações e Informática), EAD, Proeja (Edificações) e superior (Tecnologia em Alimentos, Sistemas para Internet e Licenciatura em Física).

A escolha desta instituição ocorreu devido a dois fatores principais: primeiro, por este ser o local onde leciono; e em segundo lugar pela estrutura física e organização escolar que permitiam o desenvolvimento adequado e realização das aplicações. Como um dos cursos do Instituto é o curso de Licenciatura em Física, à mesma apresenta um laboratório de física estruturado e com diversos equipamentos e itens de consumo que facilitaram a realização das aplicações.

Participaram da prática experimental duas turmas do terceiro ano do ensino médio integrado do curso de Edificações. Cada turma participou de uma aplicação diferente, dessa forma, uma das turmas realizou o experimento relacionado à eletrostática enquanto a outra turma realizou o experimento relacionado à primeira lei de Ohm. As aplicações ocorreram entre os meses de novembro de 2015 e fevereiro de 2016, sendo que em cada uma das turmas os experimentos foram aplicados em horários extras às aulas, somando um total de 4 horas/aula para cada aplicação. As turmas foram divididas em grupos, sendo que para cada grupo foi entregue um kit referente ao experimento a ser realizado, juntamente com o respectivo roteiro.

A aplicação do experimento “Eletroscópio Eletrônico com Arduino” foi realizada em uma turma (SALA A) com 19 alunos, que foram divididos em 3 grupos de 5 alunos e 1 grupo de 4 alunos (sendo, portanto, GRUPO 1A, GRUPO 2A, GRUPO 3A e GRUPO 4^a, respectivamente), sendo que os próprios alunos decidiram entre si como seria a composição de cada grupo. O experimento “Primeira Lei de Ohm com Arduino” foi aplicado em outra turma (SALA B) de 11 alunos, que foram divididos em dois grupos de 4 alunos (GRUPO 1B e GRUPO 2B) e 1 grupo de 3 alunos (GRUPO 3B). Tanto a SALA A quanto a SALA B já haviam tido aulas teóricas dos respectivos conteúdos antes da aula prática.

Quadro 1 – Turmas que participaram das aplicações.

TURMA	QUANTIDADE DE ALUNOS	GRUPOS FORMADOS	EXPERIMENTO APLICADO	TOTAL DE HORAS/AULA
SALA A	19	GRUPO 1A, GRUPO 2A, GRUPO 3A e GRUPO 4A.	“Eletroscópio Eletrônico com Arduino”	4
SALA B	11	GRUPO 1B, GRUPO 2B e GRUPO 3B.	“Primeira Lei de Ohm com Arduino”	4

Fonte: Elaborado pelo autor.

O quadro 1 apresenta um resumo das divisões de grupos e alunos das turmas que participaram das práticas propostas.

5.4 Produto educacional

O produto educacional, fruto da pesquisa que originou esta dissertação, teve como princípios norteadores o desenvolvimento histórico da aplicação experimental no ensino de física, a importância da implementação de tecnologias no ensino e as ideias de aprendizagem de Vygotsky. Sendo assim, tal produto considera o papel do professor e do aluno como agentes importantes do processo de ensino-aprendizagem, bem como a importância do computador como catalisador social e importante ferramenta da aprendizagem.

Este produto é composto por dois aparatos experimentais e seus respectivos roteiros de aplicação em sala de aula (tanto os roteiros quanto os algoritmos de programação encontram-se nos apêndices desta dissertação). Foram desenvolvidas duas práticas experimentais que utilizam o Arduino e o Visual Basic .NET (versão *Express* 2010), direcionadas para turmas do terceiro ano do ensino médio, especificamente para auxiliarem nos estudos dos conteúdos de eletrostática e primeira lei de Ohm. Foram utilizados experimentos já bastante difundidos no ensino de física, os quais foram modificados de modo a atender as necessidades de um ensino mais integrado às tecnologias que fazem parte do cotidiano de estudantes e professores.

O próximo capítulo apresenta o produto educacional fruto deste trabalho, explicando detalhadamente cada um de seus componentes, seu funcionamento e quais possibilidades ele abre para o ensino de física.

6 O PRODUTO EDUCACIONAL

Como já discutido anteriormente, o uso do computador e de outras tecnologias no ensino de física é muito importante para colaborar com o aprendizado dos alunos. Sendo assim, optamos por produzir um produto educacional que utilizasse as ferramentas tecnológicas disponíveis no ambiente de ensino, porém que muitas vezes são subutilizadas. O produto proposto neste trabalho utiliza o computador como ferramenta de aquisição de dados, juntamente ao Arduino e ao *software* Visual Basic. A proposta realizada nessa pesquisa visa possibilitar que o estudante vivencie uma experiência de laboratório diferente daquela com a qual a maioria deles está acostumado. Nesse sentido, procuramos estimular, através do roteiro, que também faz parte deste produto, e de discussões realizadas no decorrer da prática, o pensamento crítico e o debate acerca da experiência realizada, permitindo que os estudantes pudessem discutir entre si e com o professor os resultados de suas experiências. Acreditamos que este tipo de prática evita um dos grandes problemas das realizações de atividades experimentais, que é a reprodução mecânica dos roteiros.

O experimento “Eletroscópio Eletrônico com Arduino” trata-se uma releitura de um experimento bastante utilizado, o eletroscópio de folhas. Este experimento permite que os estudantes verifiquem conceitos de eletrostática de maneira qualitativa e quantitativa, como o tempo de descarga de materiais eletricamente carregados e a influência da humidade e temperatura nos fenômenos eletrostáticos.

O experimento “Primeira Lei de Ohm com Arduino” permite a verificação das relações entre corrente e tensão, e corrente e potência, e, a partir disso, determinar se tais resistores são ôhmicos ou não-ôhmicos. Os tipos de resistores analisados são de filme de carbono (resistores industriais), e dois resistores que foram produzidos exclusivamente para esse experimento: resistores de grafite de lápis comum, e resistores de resina epóxi e lã de aço.

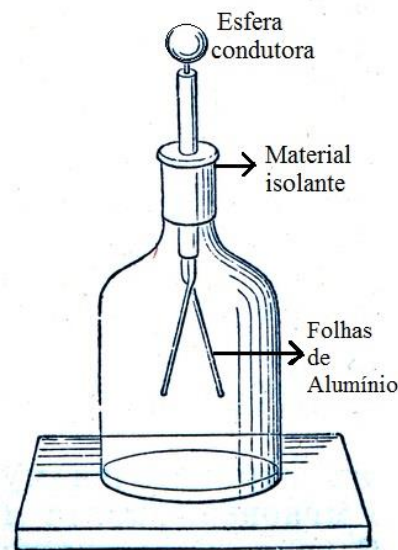
Ambos os experimentos propostos utilizam o computador e o Arduino para captura de dados e um *software* produzido em Visual Basic para interface gráfica e análise dos dados. Além disso, o roteiro (que também faz parte do produto) estimula a discussão entre o grupo e procura evitar a reprodução mecânica do experimento. Todos os algoritmos dos programas se encontram no Apêndice A, enquanto os roteiros das aplicações podem ser encontrados no Apêndice B.

Neste capítulo abordaremos detalhadamente os experimentos e roteiros produzidos nesta pesquisa.

6.1 Eletroscópio eletrônico com Arduino

O eletroscópio é um aparelho bastante utilizado no ensino de física, cujo objetivo principal é demonstrar a presença de cargas elétricas que estão muito próximas a ele. O eletroscópio “clássico”, conhecido como eletroscópio de folhas, que é o mais utilizado em salas de aula, trata-se de um aparelho formado normalmente por um recipiente de vidro (plástico ou qualquer outro material isolante) e de tampa de plástico (ou qualquer material isolante), a qual é atravessada por um arame condutor que tem em uma de suas pontas uma esfera que pode ser feita de papel alumínio amassado ou outro material condutor, e que deve ser colocada na extremidade que fica fora do recipiente. Na extremidade inferior se colocam duas pequenas folhas finas de papel alumínio, ambas com uma de suas pontas presa ao arame e a outra livre. A figura 9 representa o esquema de um destes eletroscópios.

Figura 9 - Eletroscópio de folhas.



Fonte: Site Brasil Escola¹³.

Um exemplo de aplicação do eletroscópio pode ser o seguinte experimento: atrita-se um material isolante, como uma régua (ou outro material de plástico como um pente de cabelo, um canudo ou uma caneta), junto com outro material isolante, como papel, pele de coelho ou lã, e como resultado a régua ficará eletrizada. Ao aproximar a régua eletrizada da esfera condutora

¹³ Disponível em: <http://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/aula-pratica-construcao-um-eletroscopio-folhas.htm>. Acesso em: jun. 2016.

do eletroscópio, pode-se notar que as folhas de alumínio se afastam uma da outra. Isso acontece porque, de acordo com a série triboelétrica (MACHADO, 2012, p. 166), a régua fica com uma carga negativa e, quando é aproximada da esfera condutora, induz uma carga positiva na mesma ao afastar os elétrons livres para a outra extremidade do arame, onde estão as folhas de alumínio. Antes disso, as folhas de alumínio se encontravam neutras e pendiam juntas e paralelas uma a outra na vertical. Ao se tornarem eletrizadas as folhas repelem uma à outra de modo a ficarem afastadas. Portanto, o afastamento das folhas indica a presença da carga elétrica.

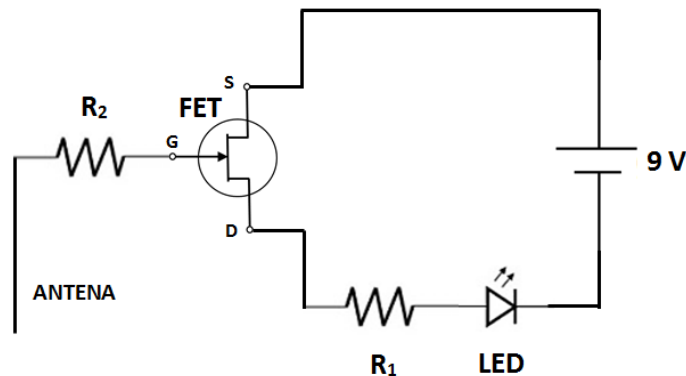
Apesar de ser bastante simples e muito usado em aulas de física, esse tipo de eletroscópio tem algumas limitações, sendo a maior destas a sua sensibilidade. É necessário que a régua adquira uma grande carga e seja trazida até poucos centímetros da esfera condutora (em geral a distância máxima que a régua pode ficar afastada da esfera condutora para que se note alguma mudança nas folhas de alumínio é algo em torno de 10 cm). Além disso, não é possível determinar o sinal da carga, pois dependendo da localização na série triboelétrica do material que foi atritado com a régua, a mesma pode ficar carregada negativamente ou positivamente. Sendo assim, embora bastante útil, o eletroscópio de folhas é um experimento qualitativo, pois praticamente não permite a realização de medidas, e é limitado apenas a um único tipo de demonstração, que é a eletrização de corpos.

Como uma alternativa ao eletroscópio de folhas, buscou-se desenvolver um aparato experimental com maior sensibilidade e que ampliasse o número possível de fenômenos estudados, ao mesmo tempo em que fosse mantido um custo acessível para professores de escolas públicas. Também buscou-se utilizar neste aparato tecnologias como: o computador, que é uma ferramenta já familiar aos estudantes, e o Arduino.

6.1.1 *O eletroscópio eletrônico*

O eletroscópio eletrônico que serviu de base para este trabalho pode ser encontrado no site “Feira de Ciências” (disponível em: http://www.feiradeciencias.com.br/sala11/11_35.asp). Trata-se de um circuito bem simples, formado por uma bateria de 9 V, um LED (*Light Emitting Diode*, ou Diodo Emissor de Luz em português – o LED utilizado neste trabalho foi um LED de alto-brilho branco de 5 mm, porém outras cores podem ser utilizadas), alguns resistores, uma antena (que pode ser um pedaço de 20 cm de um arame condutor) e um FET (*Field Effect Transistor*, ou Transistor de Efeito de Campo em português). A figura 10 representa o esquema do circuito deste eletroscópio.

Figura 10 - Diagrama do circuito do eletroscópio.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O resistor R_1 usado nessa montagem tem valor 300Ω , ele serve como controlador da corrente que atravessa o LED impedindo que o mesmo “queime” e deve ser colocado entre o *drain* (dreno) do FET e a perna positiva do LED. Já o resistor R_2 , de valor $1 \text{ M}\Omega$, é um resistor de segurança que deve ser colocado entre o *gate* (porta) do FET e a antena, sua função é controlar a corrente que entra pelo *gate* do FET, impedindo que altas cargas possam danificá-lo. O LED deve ser colocado entre o polo negativo da bateria e o resistor R_1 . O polo positivo da bateria deve ser ligado diretamente no *source* (fonte) do FET. O FET utilizado nessa montagem foi o BF245C (ver seção 6.1.2).

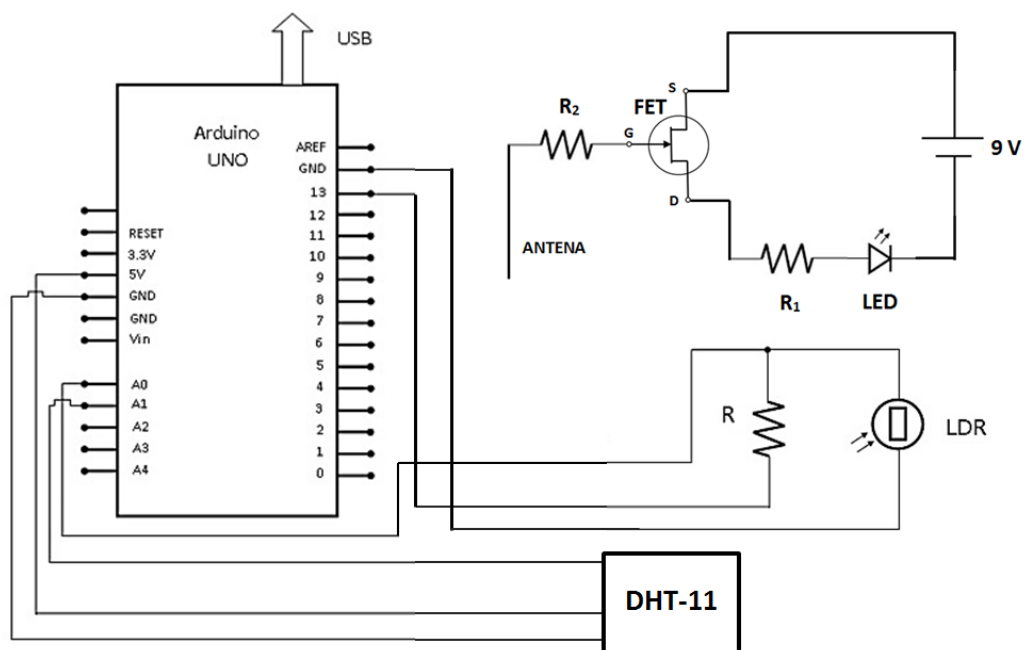
O funcionamento do eletroscópio eletrônico é parecido ao do eletroscópio de folhas: basta aproximar algo carregado da antena do eletroscópio e é possível notar uma variação no brilho do LED. Porém os dois eletroscópios possuem importantes diferenças, uma vez que o eletroscópio eletrônico é muito mais sensível, podendo detectar cargas que estão a uma distância de até 3 metros da antena, além disso, ele também é capaz de mostrar qual o sinal da carga, pois cargas negativas apagam o LED enquanto cargas positivas aumentam um pouco mais seu brilho – o LED estará inicialmente aceso antes que qualquer objeto eletrizado se aproxime, se o objeto que se aproxima se encontra neutro, não existirá influência no brilho do LED, que continuará aceso.

Este trabalho se propõe a fazer algumas alterações neste experimento com o acréscimo do Arduino e de alguns sensores, que permitirão transformá-lo em um experimento um pouco mais quantitativo, de modo que os alunos possam fazer medidas e coletar dados com o auxílio do computador. Sendo assim, tornou-se possível, entre outras coisas, determinar o tempo que

uma régua eletrizada leva para torna-se neutra novamente através da perda ou captura de cargas do ambiente.

Para determinar a curva formada pela descarga dos corpos eletrizados foi analisada a diminuição da intensidade da luz do LED do circuito através da análise na variação da tensão de um LDR (*Light Dependent Resistor*, ou Resistor Sensível à Luz em português, ver seção 6.1.3), feita por um programa produzido especificamente para este fim. Também foi usado um sensor de umidade e temperatura DHT-11 (ver seção 6.1.4), que permitiu a medição da temperatura e umidade ambiente durante o processo de descarga da régua. O esquema de ligação do eletroscópio e dos sensores de luminosidade e umidade ao Arduino pode ser visto na figura 11.

Figura 11 - Diagrama do circuito do eletroscópio com o Arduino e sensores.



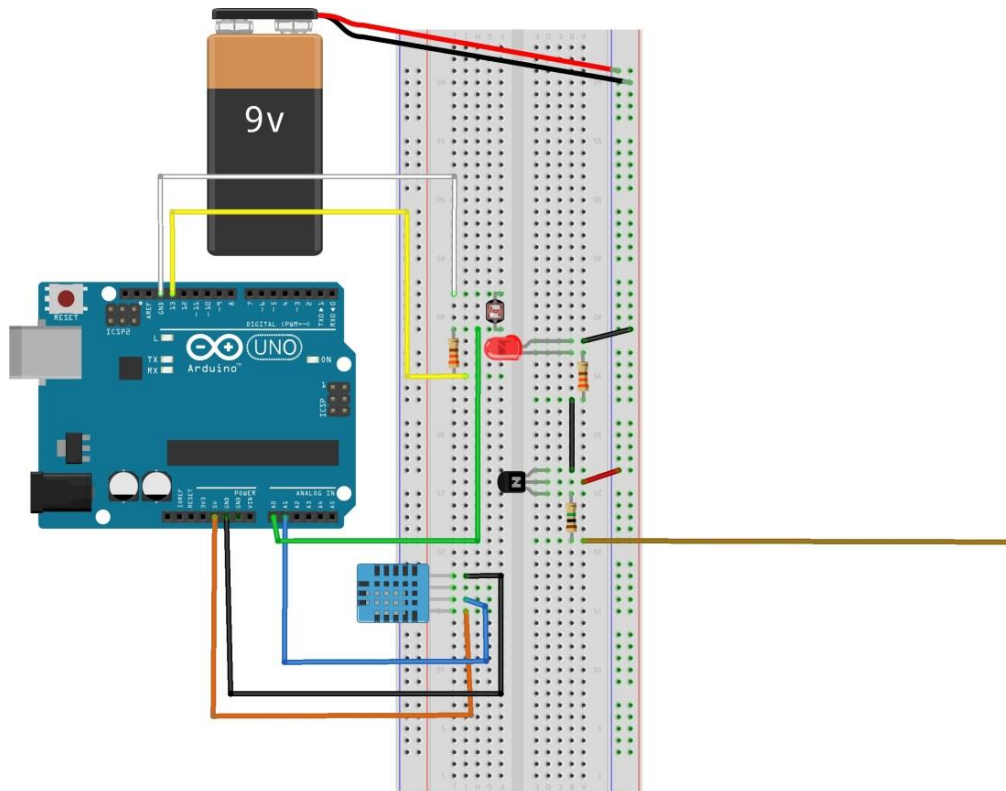
Fonte: elaborado pelo autor.

Pode-se notar pelo esquema acima que o circuito com o eletroscópio não está conectado ao Arduino, sendo as medidas feitas apenas indiretamente através da variação de luminosidade do LED. Inicialmente tentou-se conectar o eletroscópio direto ao Arduino de modo a utilizar sua alimentação e medir diretamente as variações de tensões no resistor R_1 , porém o eletroscópio não respondeu muito bem a este tipo de fonte nem a outras fontes eletrônicas, podendo ser utilizado apenas ligado a pilhas e baterias. É necessário que na montagem dos

circuitos o LED seja fixado em um local próximo ao LDR (de preferência a uma distância menor que 0,5 cm), de forma que a luz do primeiro incida diretamente sobre o segundo.

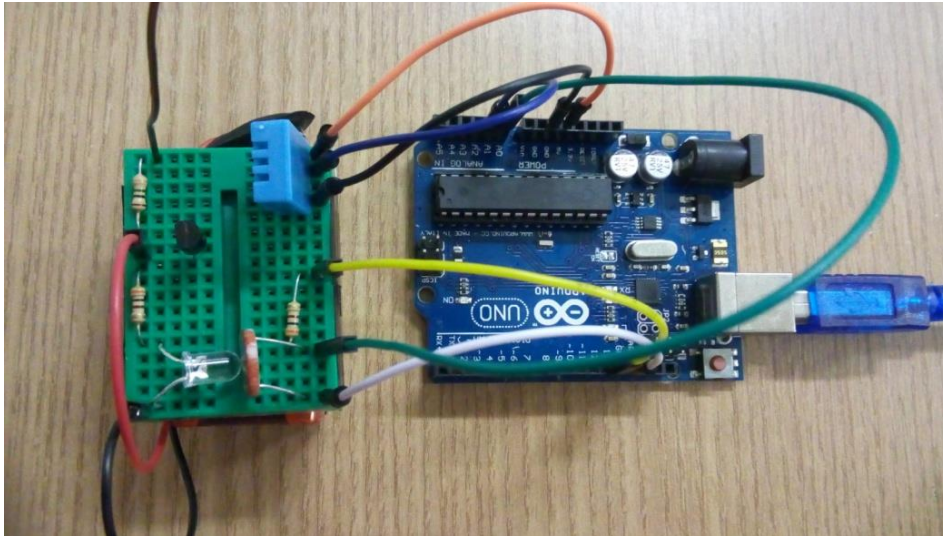
O sensor DHT-11 pode ser ligado diretamente ao Arduino, sendo que suas pernas 1 e 2 devem ser ligadas aos pinos de 5 V e GND, respectivamente, do Arduino. O pino 13 do Arduino deve ser ligado ao resistor R (300 Ω) que está em série com o LDR. O pino GND ao lado do pino 13 deve ser conectado ao LDR. A figura 12 apresenta uma melhor noção das ligações e a figura 13 mostra como ficou a versão final do eletroscópio. Optou-se por utilizar uma placa *proto-board* de 170 furos ao invés de uma placa de circuito fenolite, pois os resultados das medidas foram melhores quando os componentes se encontravam na placa *proto-board*. Como os componentes se encontram sem nenhuma proteção é importante que se tome cuidado para não encostar os dedos no FET, uma vez que podem existir altas cargas elétricas nos dedos que podem danificar o transistor.

Figura 12 - Diagrama do circuito do eletroscópio com o Arduino e sensores.



Fonte: Elaborado pelo autor com o programa Fritzing.

Figura 13 - Eletroscópio com Arduino e sensores.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Como pode se ver na figura 13, a placa Arduino usada é a Arduino UNO. Esta placa foi escolhida porque, embora seja um dos tipos mais simples de placas Arduino, também é uma das mais baratas e, além disso, suas funcionalidades são mais que suficientes para as atividades propostas. A bateria usada se encontra embaixo da placa *protoboard* e foi fixada a ela com fita adesiva.

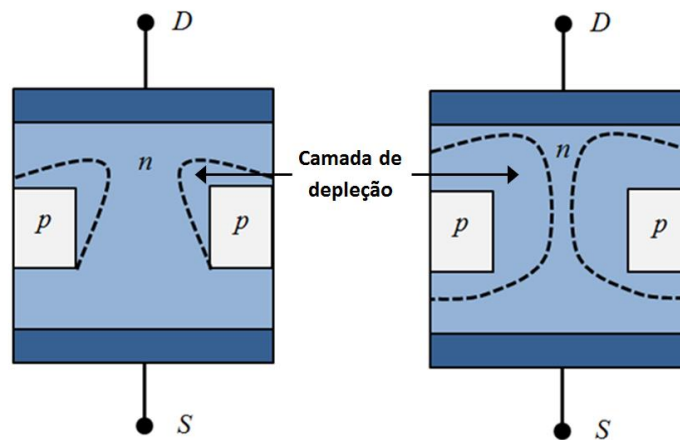
6.1.2 *Transistor de efeito de campo*

Os transistores de efeito de campo ou FET são alguns dos tipos de transistores mais utilizados atualmente. Eles possuem três terminais chamados de *gate* (porta), *source* (fonte) e *drain* (dreno), e são muito utilizados em circuitos como amplificadores e para chaveamento. Diferentemente dos transistores normais, o sinal de entrada dos FETs é controlado por uma tensão de entrada e não por uma corrente (REZENDE, 2015).

O esquema da figura 14 representa o funcionamento de um transistor de efeito de campo com canal *n*. O transistor FET, utilizado nessa montagem, é formado por dois terminais condutores *p* que ficam localizados nas extremidades opostas de uma região dopada com excesso de portadores tipo *n* (elétrons). O terminal positivo da fonte é ligado ao terminal condutor *S*, e o terminal negativo da fonte ao terminal condutor *D*. O terceiro terminal *G*, responsável pelas variações da corrente no canal *n*, fica localizado na região *p* (BARBOSA,

2010). A diferença de potencial entre dreno e fonte V_{DS} , gerada pela bateria, produz uma corrente I_{DS} no canal n . O valor de I_{DS} depende também da resistência do canal. Essa resistência varia de acordo com as impurezas, com o comprimento do canal e da área da seção reta do canal que pode ser controlada pelo tamanho da camada de depleção (ver figura 14). Quanto maior a tensão entre a porta e a fonte V_{GS} maior será a camada de depleção e, portanto, menor a área da seção reta do canal. Logo, a variação da corrente I_{DS} é controlada pela tensão V_{GS} (REZENDE, 2015).

Figura 14 - Esquema para um FET de canal n e tensões $V_{GS} = 0$ (à esquerda) e $V_{GS} < 0$ (à direita).



Fonte: Elaborado pelo autor.

No caso da aplicação proposta neste trabalho, a diferença de potencial V_{DS} é a diferença de potencial da bateria utilizada (9 V). Já a diferença de potencial V_{GS} é causada pela presença de um campo elétrico nas proximidades da antena do eletroscópio, que deve ser conectada ao terminal G do FET. Quando não existe nenhum campo elétrico nas proximidades da antena do eletroscópio, V_{GS} é zero e o tamanho da camada de depleção é o tamanho normal, que permite a passagem da corrente I_D que acende o LED. No caso de o campo elétrico ser negativo a camada de depleção aumenta, fazendo com que I_D diminua podendo chegar à zero, diminuindo o brilho ou apagando o LED. Se o campo elétrico for positivo, a camada de depleção sofre uma pequena diminuição, o que faz com que I_D aumente um pouco, aumentando também um pouco o brilho do LED. Caso o LED já esteja apagado devido à presença de um campo elétrico negativo, e aproximarmos um campo positivo, os campos se anulam, resultando no acendimento do LED.

O FET utilizado neste trabalho foi o BF245C, cujas características elétricas podem ser vistas na figura 15, que apresenta uma tabela retirada do *datasheet* do componente. O BF245C

é um FET de junção (JFET) de canal n, que é bastante utilizado em osciladores e amplificadores de circuitos de baixa frequências até frequências VHF (*Very High Frequency*, ou Frequência Muito Alta em português) (NEWTON C. BRAGA, 2014b). Outros transistores que podem ser utilizados, pois são equivalentes ao BF245C, são os BF245A, BF245B e o MPF102.

Figura 15 – Print de uma tabela do *datasheet* do componente BF245C, contendo as características elétricas do mesmo.

Electrical Characteristics $T_a=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted					
Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Max.	Units
Off Characteristics					
$V_{(BR)GSS}$	Gate-Source Breakdown Voltage	$V_{DS} = 0, I_G = 1\mu\text{A}$	-30		V
V_{GS}	Gate-Source BF245A BF245B BF245C	$V_{DS} = 15\text{V}, I_D = 200\mu\text{A}$	-0.4 -1.6 -3.2	-2.2 -3.8 -7.5	V
$V_{GS(off)}$	Gate-Source Cut-off Voltage	$V_{DS} = 15\text{V}, I_D = 10\text{nA}$	-0.5	-8	V
I_{GSS}	Gate Reverse Current	$V_{GS} = -20\text{V}, V_{DS} = 0$		-5	nA
On Characteristics					
I_{DSS}	Zero-Gate Voltage Drain Current BF245A BF245B BF245C	$V_{GS} = 15\text{V}, V_{GS} = 0$	2 6 12	6.5 15 25	mA
On Characteristics					
g_{fs}	Common Source Forward Transconductance	$V_{GS} = 15\text{V}, V_{GS} = 0, f = 1\text{KHz}$	3	6.5	mmhos

Fonte: Site Datasheetcatalog¹⁴.

É importante ressaltar que o FET é um dispositivo muito sensível, de forma que campos eletrostáticos produzidos por cargas que se acumulem em objetos ou partes do corpo de quem manuseia o equipamento podem interferir nos resultados do experimento. Porém, campos eletromagnéticos produzidos, por exemplo, por celulares e antenas de transmissão não interferem nos resultados.

6.1.3 LDR

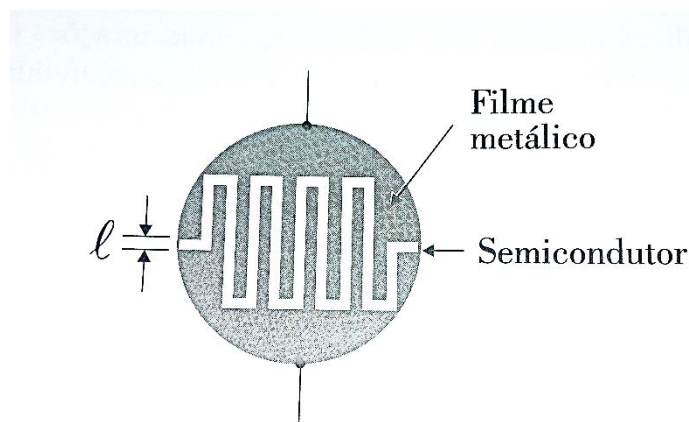
O LDR é uma resistência que varia de acordo com a intensidade da luz que incide sobre ele. É formado por uma pequena placa de semicondutor, ou uma dopagem pequena entre as extremidades dos seus eletrodos (REZENDE, 2015). Na ausência de luz a resistência do LDR é alta, quando a iluminação sobre ele é forte, sua resistência diminui podendo chegar a valores bem baixos, pois o número de portadores aumenta permitindo a passagem de uma corrente maior entre os terminais do LDR.

¹⁴ Disponível em: http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheets/37/126070_DS.pdf. Acesso em: mar. 2017.

A figura 16 mostra a vista de cima de um LDR. Segundo Rezende (2015), o funcionamento de um LDR pode ser explicado da seguinte maneira:

O elemento fotocondutivo é formado por uma pastilha de material isolante, na forma de um disco com diâmetro que varia de alguns mm a vários cm. Sobre a pastilha é depositada uma camada policristalina do semiconductor fotossensível (...), e sobre ele um filme metálico para formar os eletrodos. O filme metálico é evaporado através de uma máscara que deixa a área exposta do material fotocondutivo na forma de zig-zag. Isto resulta numa grande área de iluminação do semiconductor, combinada com um pequeno valor da distância entre os eletrodos, de modo a produzir um alto ganho G (REZENDE, 2015, p. 270).

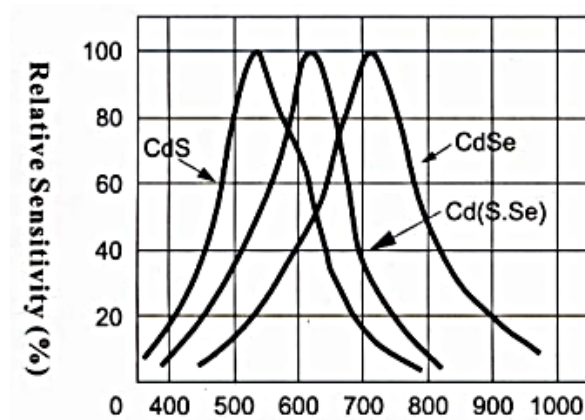
Figura 16 – Vista de cima do elemento fotocondutivo com o eletrodo metálico.



Fonte: Retirado de Rezende (2015, p. 270).

Portanto, a incidência de luz provoca um aumento na condutividade do LDR, chamado de ganho (G) de fotocondutividade. A fotocondutividade é o fenômeno “pelo qual a condutividade de um material varia quando a intensidade da luz que incide sobre ele é alterada” (Ibid. p. 269). O LDR utilizado nesta montagem era formado a partir de uma pastilha de CdS (sulfeto de cádmio), de 5 mm de diâmetro. A curva de resposta de alguns tipos de LDR, formados por pastilhas de substâncias diferentes (entre elas o CdS), pode ser vista na figura 17.

Figura 17 – Curva de resposta do LDR em relação à luminosidade.



Fonte: Site Filipeflop¹⁵.

Embora a tensão do LDR possa ser influenciada pela luz ambiente e os componentes do circuito se encontrarem sob a incidência dessa luz, isso não é um problema nessa montagem porque o que importa é a variação da intensidade luminosa e, desde que a iluminação ambiente não mude, a variação da luz sobre o LDR depende apenas da variação da luz proveniente do LED.

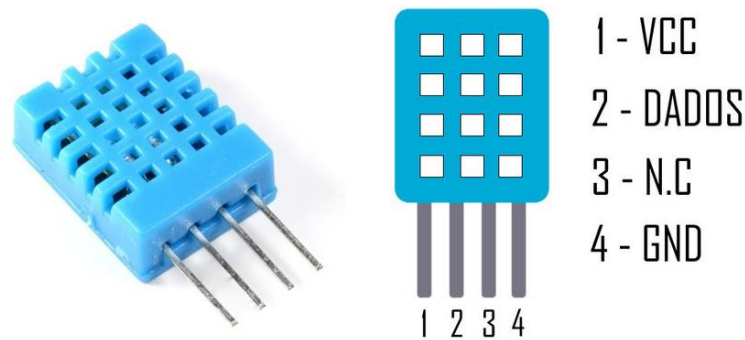
6.1.4 Sensor de umidade e temperatura DHT-11

O sensor de umidade e temperatura DHT-11 é um sensor que possui entradas e saídas digitais que podem ser conectadas a microcontroladores de 8 bits, como o ATmega do Arduino. O circuito interno, formado por um sensor de temperatura tipo NTC e um sensor de umidade tipo HR202, se comunica por um sinal serial com o microcontrolador. É um componente bastante utilizado em desumidificadores, equipamentos de testes e inspeção, automotivos, controle automático, coletores de dados, estações meteorológicas, eletrodomésticos, reguladores de umidade, etc (DATASHEET DH-T11, n. d.).

O sensor DHT-11 junto com a nomeação de seus pinos pode ser visto na figura 18.

¹⁵ Disponível em: http://img.filipeflop.com/files/download/Datasheet_LDR.pdf. Acesso em: fev. 2017.

Figura 18 - Sensor DHT-11 e seus pinos de ligação.



Fonte: Site Filipeflop¹⁶.

O pino 1 deve ser conectado ao pino de 5 V do Arduino, sendo que a alimentação deste sensor pode variar de 3,0 V a 5,5 V. O pino 2 é responsável pelo envio de dados ao microcontrolador e deve ser conectado ao pino A1 do Arduino. O pino 3 não precisa ser conectado a nada e o pino 4 deve ser conectado ao pino GND.

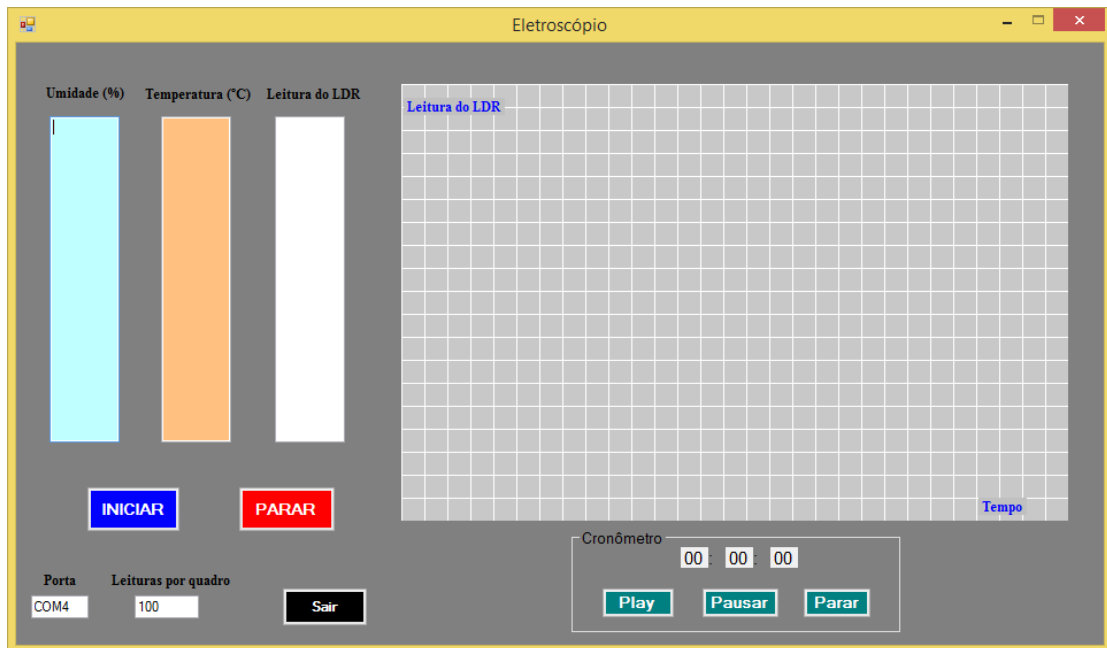
O DHT-11 é capaz de realizar medições de umidade relativa na faixa de 20% a 90% com uma precisão de $\pm 5\%$. Também é capaz de medir temperaturas de 0 °C a 50 °C com uma precisão de ± 2 °C e um tempo de resposta de 2 segundos.

6.1.5 O software desenvolvido em Visual Basic .NET 2010

Para realizar a análise e visualização dos dados, obtidos através da entrada serial da porta USB, foi construído um aplicativo em Visual Basic .NET 2010. A figura 19 apresenta a tela do aplicativo desenvolvido, que recebeu o nome de “Eletroscópio”.

¹⁶ Disponível em: <http://www.filipeflop.com/pd-6b8f7-sensor-de-umidade-e-temperatura-dht11.html>. Acesso em: jun. 2016.

Figura 19 - *Software Eletroscópio*, desenvolvido em Visual Basic .Net 2010.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O *software* “Eletroscópio” têm três colunas onde aparecem os dados adquiridos pelo Arduino. O botão “INICIAR” inicia a comunicação entre Arduino e Visual Basic, enviando um comando para o Arduino começar a captura de dados e para o Visual Basic imprimir estes dados nas suas respectivas colunas. Além disso, esse botão também faz com que os valores de luminosidade do LED sejam plotados no gráfico de “Luminosidade x Tempo” do aplicativo. O botão “PARAR” têm a função de interromper a comunicação entre Arduino e Visual Basic. Nas colunas “Umidade” e “Temperatura” são mostrados, respectivamente, os valores da umidade relativa e da temperatura ambiente, já a coluna “Leitura do LDR” apresenta os valores (em bits) de luminosidade do LED (podendo os valores máximos e mínimos dessa leitura variar de acordo com a luminosidade ambiente).

As caixas de texto “Porta” e “Leituras por quadro” são onde devem ser especificados pelo usuário do aplicativo, respectivamente, a porta serial que está sendo utilizada e o número de pontos que devem aparecer por quadro no gráfico, ou seja, se o número de leituras por quadro for 100, a cada 100 leituras os pontos do quadro são apagados e mais 100 pontos começam a ser desenhados. O número da “Porta” deverá corresponder à porta que estiver conectada ao Arduino via USB, pois dessa maneira o Arduino capta os dados do sensor e envia para o Visual Basic. Também existe um cronômetro no *software*, que permite que o usuário realize as

medições de tempo necessárias durante a realização do experimento. E por fim, o botão “Sair” finaliza a aplicação.

Os códigos do aplicativo “Eletroscópio”, feito em Visual Basic .NET 2010, podem ser visualizados de maneira completa nos apêndices, bem como os códigos utilizados para o Arduino.

6.1.6 *A programação do Arduino*

Os dados analisados pelo *software* “Eletroscópio” são obtidos pelo Arduino, sendo necessário que se crie um algoritmo específico na IDE do Arduino que possibilite a captura correta dos dados, bem como a conversão dos valores obtidos e a comunicação entre Arduino e Visual Basic.

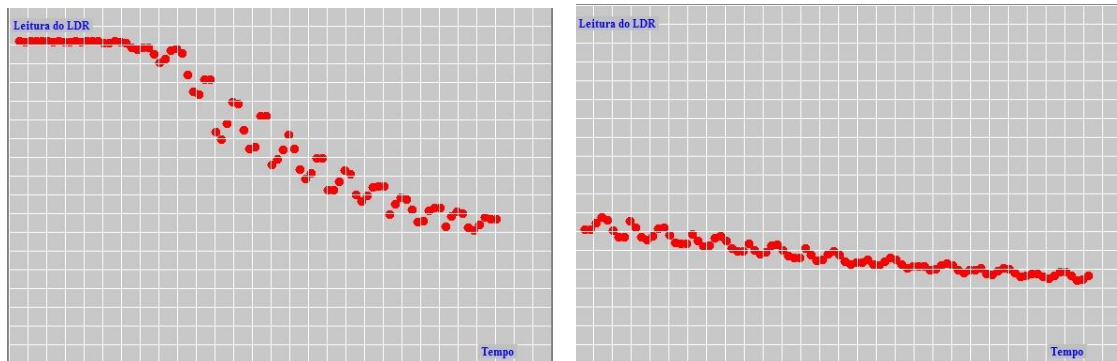
O primeiro passo realizado pelo algoritmo do Arduino é a inclusão da biblioteca do sensor DHT-11. Normalmente esta biblioteca não vem inclusa na IDE do Arduino, sendo necessário baixá-la em <http://playground.arduino.cc/Main/DHT11Lib>. Em seguida vem a inicialização da comunicação entre a placa Arduino e o computador. Imediatamente depois disso o programa do Arduino já inicia a captura de dados, que podem ser visualizados no aplicativo “Eletroscópio”. O Arduino, então, faz as leituras de umidade e temperatura a partir do DHT-11, e de tensão sobre o LDR. Por fim estes dados são enviados via USB para o computador, onde são impressos numa caixa de texto e plotados numa caixa de imagem do programa “Eletroscópio” feito no Visual Basic.

6.1.7 *Fenômenos que podem ser estudados*

O eletroscópio eletrônico com Arduino é um experimento que é bastante versátil, pois permite o estudo de diversos fenômenos relacionados à eletrostática. A proposta deste trabalho é aplicar o eletroscópio em alguns destes conteúdos, especificamente os citados a seguir:

a) *Relação entre carga e descarga de corpos eletrizados por atrito e a umidade do ar:* é possível demonstrar que é mais fácil eletrizar um corpo quando a umidade ambiente está baixa, e que corpos eletrizados descarregam mais rapidamente quando a umidade do ar está alta.

Figura 20 - Gráfico obtido no *software Eletroscópio*, representando a descarga de uma régua.



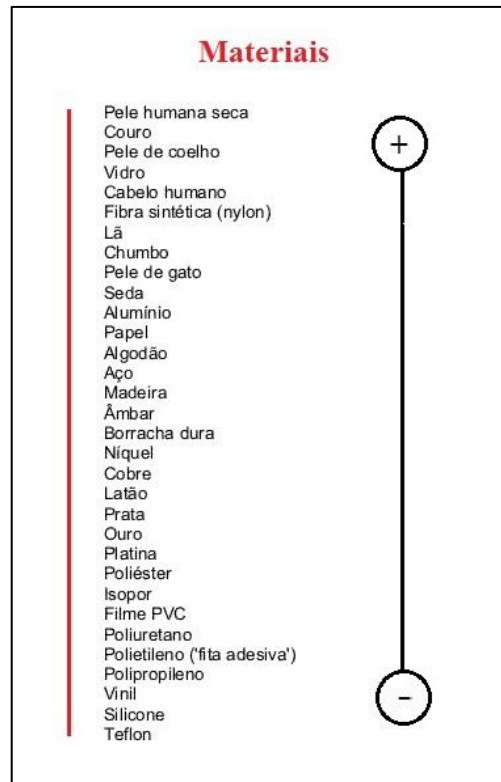
Fonte: Elaborado pelo autor.

Como pode ser observado nos gráficos da figura 20 e em todos os gráficos desta dissertação, eles não possuem valores nos eixos das *abcissas* e *ordenadas*. Estes valores não aparecem porque os gráficos foram retirados dos *softwares* produzidos, e devido ao prazo para realização das aplicações optamos por não colocar valores nos eixos dos gráficos dos *softwares*, o que demandaria um pouco mais de tempo, além de também deixar um pouco mais complexos os algoritmos dos programas. Porém, pretendemos, em trabalhos posteriores, adicionar este e outros detalhes nos *softwares*.

b) *Indução eletrostática*: pode-se demonstrar que um corpo carregado, quando aproximado de uma superfície grande como uma mesa ou parede, induz uma carga nessa superfície com sinal oposto ao seu, de modo que o campo elétrico resultante é praticamente nulo.

c) *Série triboelétrica*: atritando-se vários materiais diferentes é possível identificar o sinal da carga com a qual eles ficam eletrizados, possibilitando descobrir quais materiais tem tendência a ganhar elétrons e quais tem tendência para perder elétrons.

Figura 21 - Série triboelétrica. Os materiais que estão mais acima tendem a perder elétrons quando atritados com outros que se encontram mais abaixo.



Fonte: Blog Essas e Outras¹⁷.

d) *Blindagem eletrostática*: por fim, pode ser demonstrado o princípio da blindagem eletrostática, mostrando que quando o eletroscópio é colocado dentro de um recipiente coberto por um material condutor não importa o valor da carga elétrica fora do recipiente, o campo dentro dele será sempre nulo.

6.2 Primeira Lei de Ohm

A relação entre a corrente elétrica e a tensão em materiais condutores foi descoberta em 1826, pelo físico alemão George Simon Ohm. Esta relação ficou conhecida como “Primeira Lei de Ohm”, que afirma que “a corrente que atravessa um dispositivo é *sempre* diretamente proporcional à diferença de potencial aplicada ao dispositivo” (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2010):

$$i \propto V$$

¹⁷ Disponível em: <http://essaseoutras.xpg.uol.com.br/serie-triboeletrica-cargas-positivas-e-negativas-e-eletrizacao-lista/>. Acesso em: jul. 2016.

Onde i representa a corrente elétrica e V a tensão. Se introduzirmos uma constante de proporcionalidade (MACHADO, 2012), a expressão acima se torna:

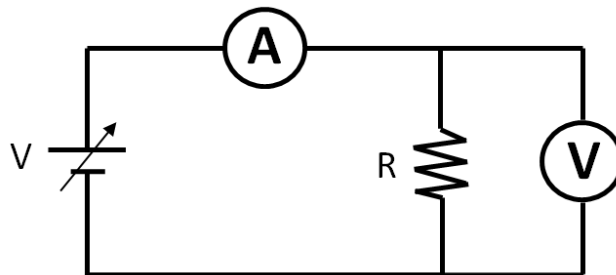
$$i = GV$$

A constante G é chamada de condutância, que também é definida como o inverso da resistência R do material. Assim, a “primeira lei de Ohm” pode ser escrita como:

$$i = \frac{V}{R} \quad \text{ou} \quad V = R \cdot i \quad [\text{Eq. 01}]$$

Uma maneira prática e muito usual de se comprovar esta lei em laboratórios de física utiliza uma fonte de tensão variável, resistores e multímetros ou um amperímetro e um voltímetro. A montagem mais simples deste experimento pode ser representada pelo circuito a seguir.

Figura 22 - Montagem simples para verificação da primeira lei de Ohm.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Neste circuito, o polo positivo de uma fonte de tensão variável está conectado em série a um amperímetro, que por sua vez está conectado em série a um resistor R . Ligado em paralelo ao resistor encontra-se um voltímetro. O experimento consiste em variar a tensão da fonte e analisar os valores no amperímetro e voltímetro para cada tensão da fonte. Se o resistor utilizado for um resistor ôhmico, isto significa que ele deve obedecer a primeira lei de Ohm, e, nesse caso, a relação V / i permanece constante independentemente do valor da tensão na fonte. Se o resistor for não-ôhmico ele não obedece a primeira lei de Ohm, portanto a razão V / i não é uma constante. Na prática, isso significa que resistores não-ôhmicos variam sua resistência de acordo com a corrente elétrica que os atravessa.

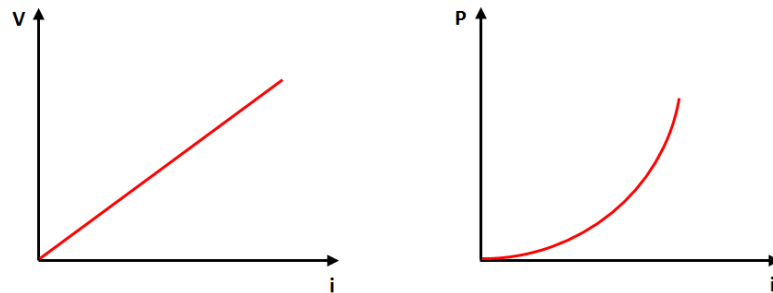
A função do resistor é transformar a energia cinética dos elétrons em energia térmica, de forma que o resultado disso é que se aumentarmos a resistência de um circuito diminuimos

a corrente elétrica que o atravessa. A taxa de dissipação da energia elétrica, ou potência dissipada P , em um resistor ôhmico pode ser expressa como:

$$P = i^2 R \quad [\text{Eq. 02}]$$

A figura 23 mostra o gráfico com as relações entre a tensão e a corrente de um resistor (à esquerda), e entre a potência e a corrente de um resistor (à direita), para resistores ôhmicos. Podemos notar que no primeiro caso temos uma reta, resultante da Equação 1, e no segundo caso temos uma parábola, resultante da Equação 2.

Figura 23 - Gráfico da Tensão X Corrente (à esquerda) e da Potência X Corrente (à direita).

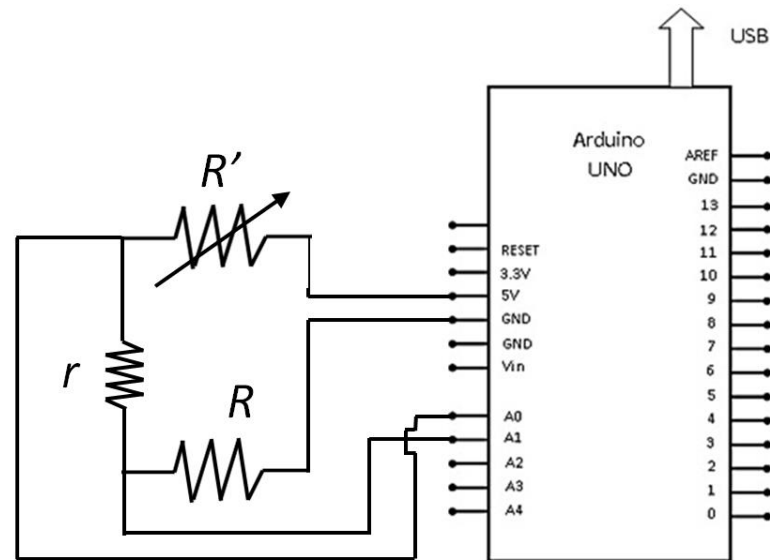


Fonte: Elaborado pelo autor.

6.2.1 Primeira Lei de Ohm com Arduino

Para estudar a primeira lei de Ohm foi criada uma montagem baseada no experimento descrito acima, mas com a implementação do computador e do Arduino para alimentação e coleta de dados do sistema. O circuito da montagem experimental produzida pode ser visualizado na imagem a seguir.

Figura 24 - Montagem para verificação da primeira lei de Ohm com Arduino.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nesta montagem a variação na tensão sobre o resistor r (resistor de controle) de $300\ \Omega$ e no resistor R é feita através do potenciômetro R' de $10\ \text{K}\Omega$. Assim o aluno pode controlar a tensão e a corrente em r e R girando o potenciômetro. A alimentação é feita através do pino 5V do Arduino. Os dados de tensão são medidos em dois pontos, o primeiro é medido pelo pino A0 conectado em um ponto entre r e R' , e o segundo pelo pino A1 conectado entre os resistores r e R . A tensão sobre r será a diferença de tensão entre as duas leituras de A0 e A1. A medida de tensão sobre o resistor de controle r é o que permite ter certeza quanto ao valor da corrente no circuito, uma vez que r é ôhmico e tem valor conhecido.

Para se demonstrar a diferença entre resistores ôhmicos e não-ôhmicos foram utilizados três tipos de resistores: resistores industriais de filme de carbono de $\frac{1}{4}$ de potência; resistores caseiros feitos a partir de uma mistura de resina epóxi, lã de aço e pó retirado de um lápis de grafite comum; e um resistor feito do grafite retirado de lápis comum. A figura 25 abaixo apresenta estes três tipos de resistores. Os resistores foram colocados no lugar do resistor R da figura 26, onde analisaram-se as relações de tensão e corrente em cada um deles. O valor de tensão lido pelo pino A1 é a tensão sobre R , e como a corrente no circuito pode ser conhecida através da análise da primeira lei de Ohm no resistor r , então é possível determinar o valor da resistência R . Como era de se esperar, os resistores industriais de filme de carbono obedecem bem à primeira lei de Ohm, enquanto os dados obtidos nos outros resistores mostram que eles não se adequam tão bem a esta lei.

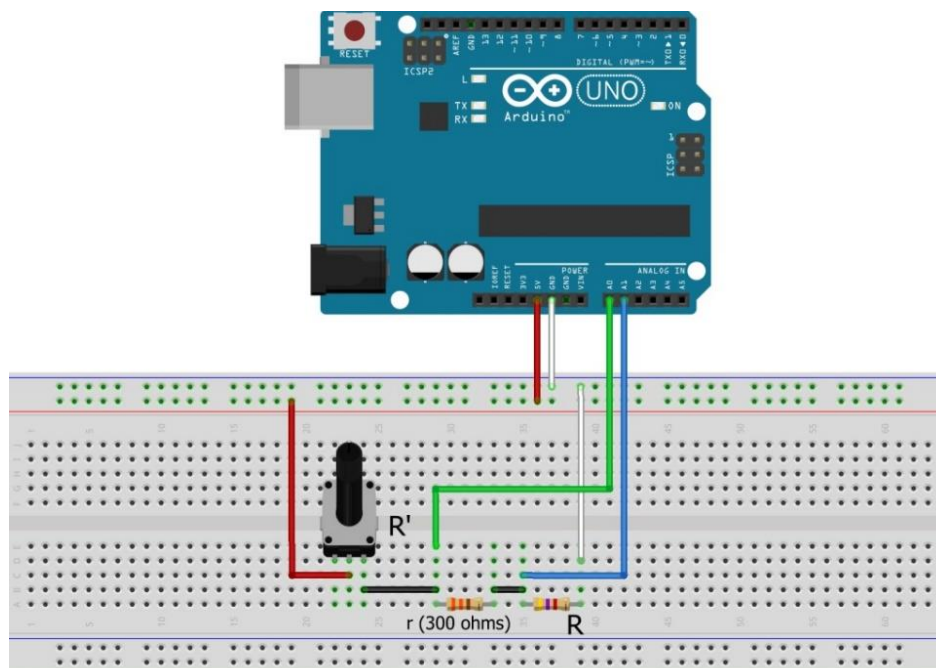
Figura 25 - Resistores utilizados: (da esquerda para a direita) resistor industrial de filme de carbono, resistor feito a partir de resina epóxi e lã de aço, e resistor de grafite retirado de lápis comum.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O potenciômetro e o resistor de controle foram colocados sobre uma base feita de um pequeno pedaço de fenolite, onde também foram conectados *jumpers* (fios) para fazer a ligação com o resistor R e com o Arduino. Também foram utilizados cabos com garras jacaré para algumas conexões. A figura 26 ilustra a montagem utilizada neste experimento.

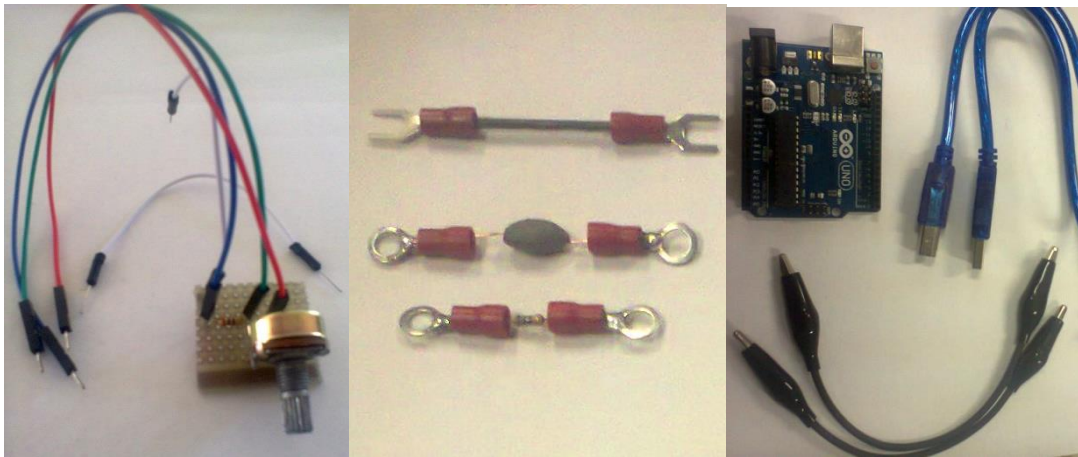
Figura 26 - Ilustração da montagem para o experimento Primeira Lei de Ohm: o potenciômetro R' e o resistor de controle r se encontram, na realidade sobre um pequeno pedaço de fenolite. O resistor R simboliza os três tipos de resistores utilizados.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A placa de circuito contendo o potenciômetro, o resistor de controle e os *jumper*s deve ser conectada ao Arduino da seguinte maneira: o *jumper* vermelho vai no pino de 5 V, o *jumper* verde vai no pino A0, o *jumper* azul vai no pino A1, o *jumper* branco deve ser conectado a uma das pernas do resistor R (essa conexão pode ser feita através de um cabo com garra jacaré) enquanto a outra perna do resistor deve ser conectada a outro *jumper* branco que vai no pino GND. A figura 27 apresenta todos os itens utilizados neste experimento.

Figura 27 - Itens utilizados no experimento (da esquerda para direita): placa fenolite com potenciômetro, resistor de controle e fios de conexão; resistores utilizados; e placa Arduino com cabo USB e cabos com garras jacaré.



Fonte: Elaborado pelo autor.

6.2.2 O software desenvolvido em Visual Basic .NET 2010

Novamente foi criado um aplicativo em Visual Basic .NET 2010 para análise e visualização dos dados obtidos a partir do Arduino. A janela inicial deste aplicativo pode ser vista na figura 28. Na caixa de texto “Insira o número da medida” o usuário pode escolher em qual das quinze linhas de dados das colunas “Tensão”, “Corrente”, “Resistência” e “Potência” ele quer que apareçam os valores medidos pelo Arduino e calculados pelo próprio aplicativo. Por exemplo, se o usuário escolhe a medida 5 o programa coloca os resultados das medidas e cálculos na linha 5. Uma vez selecionado o número da medida, o usuário deve clicar no botão “Medir tensão e corrente”, para que o programa coloque os valores de tensão, medido sobre o resistor R , e corrente do circuito (ambos adquiridos pelo Arduino) nas suas respectivas linha e coluna (no caso, a coluna “Tensão” e a coluna “Corrente”). O mesmo processo deve ser

realizado para as outras quatorze medidas, sendo que para cada medida o usuário deve mudar um pouco a posição do potenciômetro, de modo a variar a corrente no circuito. Depois o usuário deve clicar no botão “Calcular resistência”, para que o programa utilize os dados obtidos de tensão e corrente e calcule a resistência do resistor R , esses valores serão impressos na coluna “Resistência”. Em seguida deve-se clicar no botão “Calcular potência”, para que o programa faça os cálculos para a potência dissipada em R , cujos valores serão impressos na coluna “Potência”. É possível também determinar a média dos 15 valores da resistência, clicando-se no botão “Resistência média”.

Figura 28 - Software Primeira Lei de Ohm, desenvolvido em Visual Basic .Net 2010.

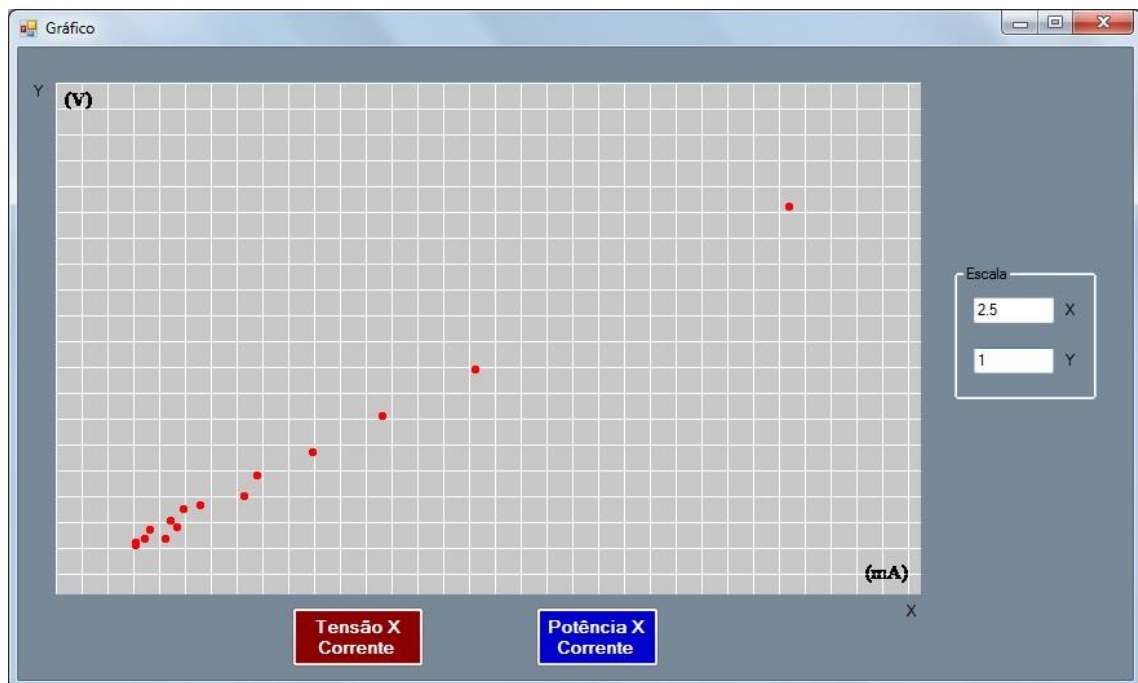
Fonte: Elaborado pelo autor.

No caso de R ser um resistor industrializado, é possível utilizar a parte do programa chamada “Código de cores de resistores” e verificar se o resultado obtido para a média dos valores da resistência de R está dentro do limite estipulado pelo fabricante. Para isto, basta colocar os nomes das cores do resistor nas respectivas colunas e em seguida clicar no botão “Valor do resistor”, então os valores da resistência fornecida pelo fabricante e a faixa de

tolerância no erro destes valores aparecerão, respectivamente, nas caixas de texto “Resistência em ohms” e “Tolerância”. A caixa de texto “Porta” é onde deve ser colocado o valor da porta serial que está sendo usada. O botão “Sair” encerra a aplicação.

Quando todas as tabelas estiverem preenchidas, o usuário pode ainda clicar no botão “Ir para gráficos”, o que fará com que se abra uma nova janela como vista na figura 29 a seguir. Nesta janela poderão ser obtidos os gráficos de Tensão X Corrente e Potência X Corrente no resistor R .

Figura 29 - Segunda janela do *software Primeira Lei de Ohm*, onde podem ser obtidos os gráficos de Tensão X Corrente (como é o caso da figura) e Potência X Corrente.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao clicar no botão “Tensão X Corrente” o usuário poderá obter o gráfico da tensão sobre o resistor R em função da corrente que o atravessa a partir dos dados obtidos na primeira janela. Da mesma forma, ao clicar em “Potência X Corrente” o usuário obterá o gráfico da potência dissipada no resistor em função da corrente que o atravessa. É possível ainda modificar a escala do gráfico, para que os pontos se ajustem de maneira adequada à janela.

Os códigos do aplicativo “Primeira Lei de Ohm”, feito em Visual Basic .NET 2010, podem ser visualizados de maneira completa nos apêndices.

6.2.3 A programação do Arduino

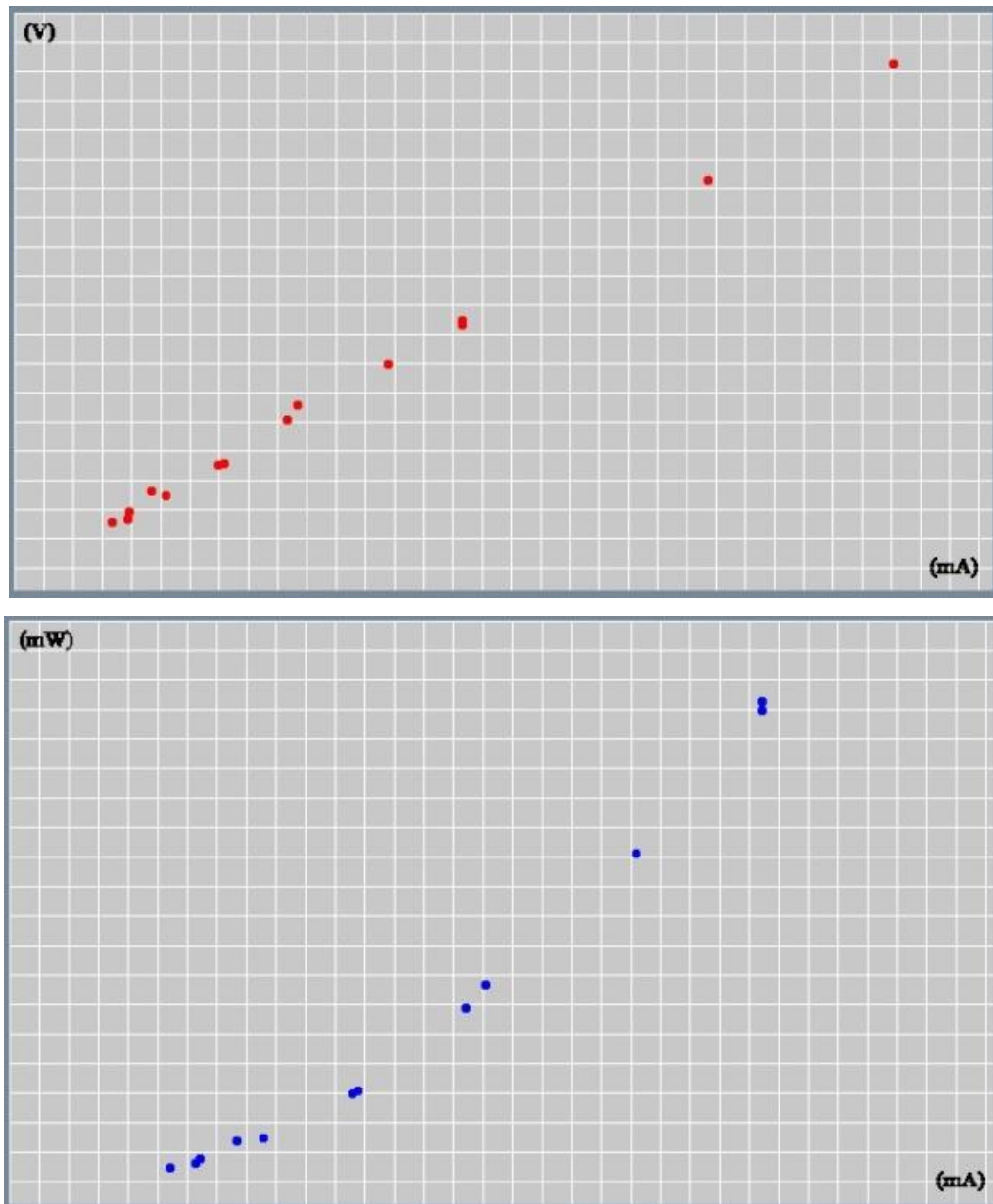
Os dados analisados pelo *software* “Primeira Lei de Ohm” são adquiridos através do Arduino, sendo necessário que se crie um algoritmo específico na IDE do Arduino que possibilite a captura correta dos dados, bem como a conversão dos valores obtidos e a comunicação entre Arduino e Visual Basic.

O primeiro passo realizado pelo algoritmo do Arduino é a inicialização da comunicação entre a placa Arduino e o computador. Em seguida o programa do Arduino espera um comando para iniciar a captura de dados, esse comando deve vir do aplicativo “Primeira Lei de Ohm”. Quando o usuário seleciona o número da medida que deseja realizar e clica no botão “Medir tensão e corrente” a informação é mandada ao Arduino que inicialmente faz a leitura de tensão sobre o resistor de controle r (através da diferença de leituras dos pinos A0 e A1) e divide esse valor por 300, que é o valor do resistor de controle. O Arduino obtém, assim, o valor da corrente em bits e em seguida o converte em miliampères (mA). No caso do resistor R apenas o valor da tensão é medido (através do valor medido no pino A1) e convertido em volts (V).

6.2.4 O que pode ser estudado

O principal objetivo deste experimento é estudar o comportamento da tensão e da corrente em resistores e determinar se estes são ou não resistores ôhmicos. Uma vez que todos os dados de tensão e corrente tiverem sido obtidos, e os valores de potência tiverem sido determinados pelo programa, é possível comparar os gráficos de todos os resistores e ver quais deles obedecem à primeira lei de Ohm. A figura 30 apresenta os gráficos de um resistor industrializado de filme de carbono.

Figura 30 - Gráficos de Tensão X Corrente (acima) e Potência X Corrente (abaixo) obtidos através do *software Primeira Lei de Ohm* para um resistor de filme de carbono.

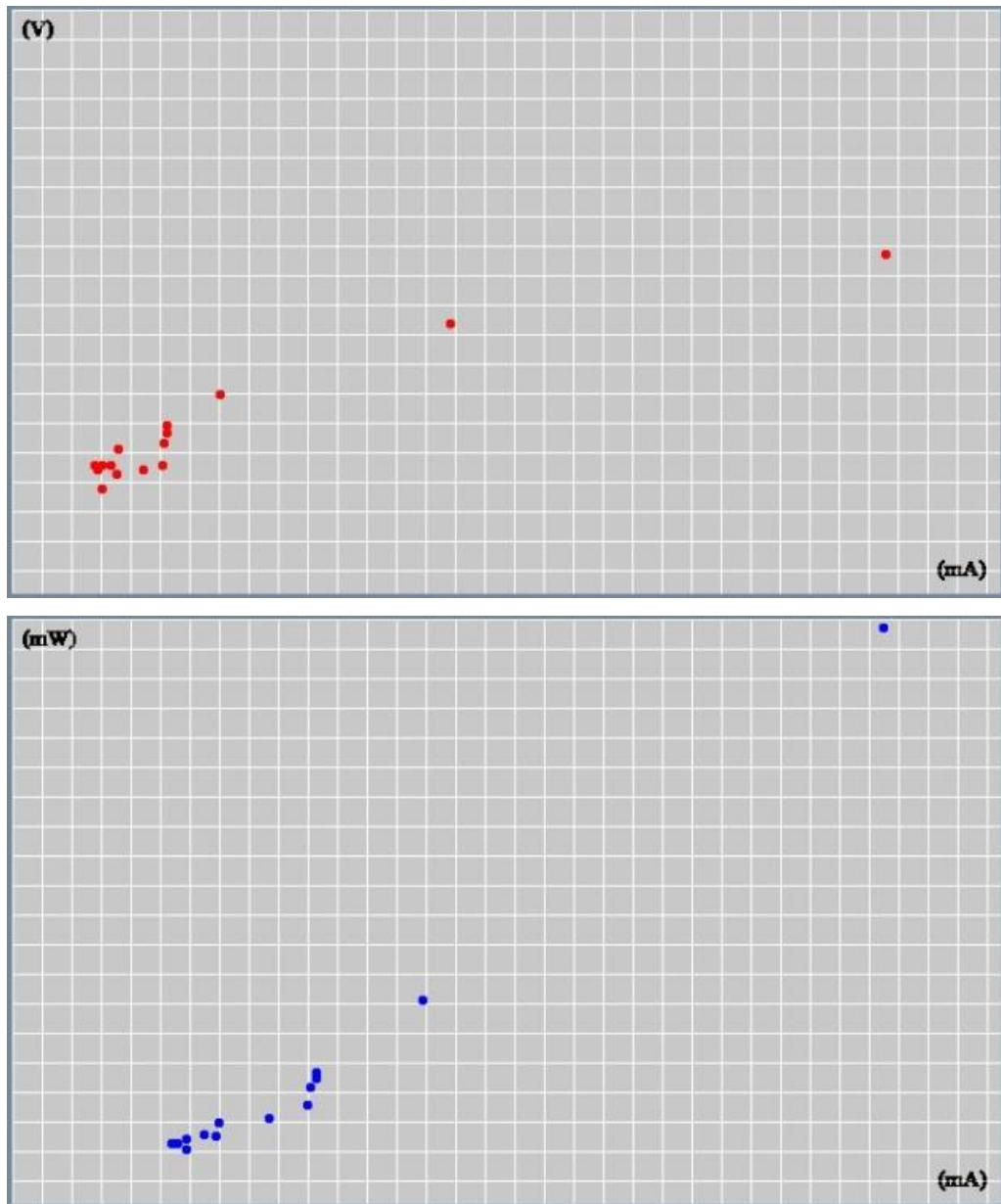


Fonte: Elaborado pelo autor.

É possível notar que os pontos do gráfico de cima tendem a formar uma reta, que é o esperado de um resistor ôhmico. Já no gráfico de baixo os pontos tendem a formar uma parábola, que também é o que se espera de um resistor ôhmico.

Para os resistores de resina epóxi e lâ de aço podem-se obter os seguintes gráficos:

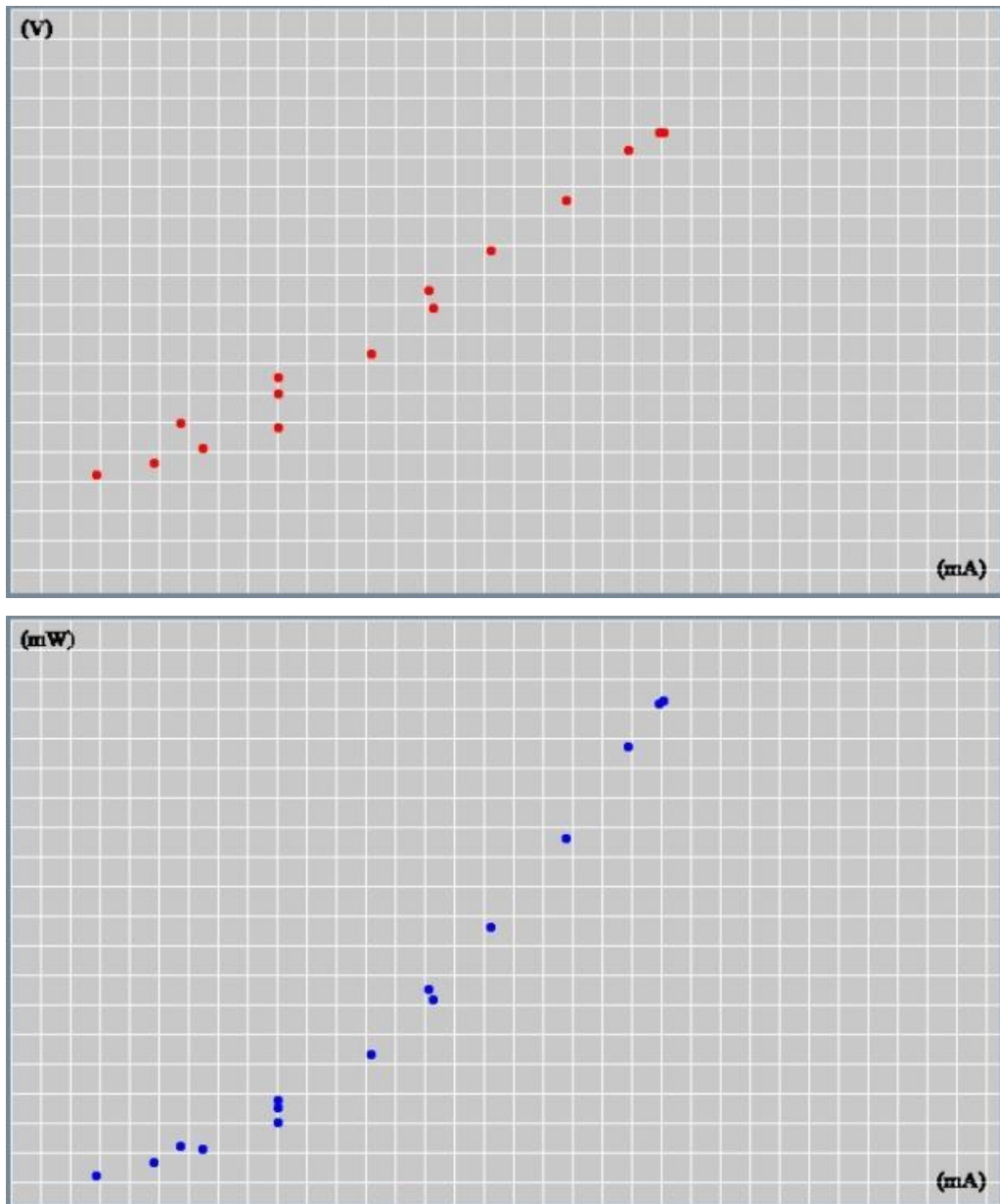
Figura 31 - Gráficos de Tensão X Corrente (acima) e Potência X Corrente (abaixo) obtidos através do software Primeira Lei de Ohm para um resistor de epóxi e lã de aço.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nesse caso é possível notar que, aparentemente, as curvas não têm o comportamento esperado para resistores ôhmicos. Logo, é possível concluir que este tipo de resistor não é ôhmico. Para resistores de grafite temos os gráficos a seguir:

Figura 32 - Gráficos de Tensão X Corrente (à esquerda) e Potência X Corrente (à direita) obtidos através do software Primeira Lei de Ohm para um resistor de grafite de lápis comum.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para os resistores de grafite os resultados são mais próximos aos esperados para um resistor ôhmico do que para os resistores de epóxi e lã de aço, no entanto, pode-se notar que ainda existe uma variação dos dados maior do que para os resistores industrializados. É difícil afirmar com certeza, apenas com estes dados, se ele é ou não ôhmico, ou se ele é ôhmico apenas para certos valores de corrente.

6.3 Estimativa de custos

Uma das importâncias de se utilizar alternativas aos kits experimentais vendidos por empresas especializadas é a diminuição do custo das práticas experimentais. Sendo assim, ao propor uma prática experimental é necessário levar em conta quanto o professor terá que gastar para reproduzi-la em sua escola. Por isso, buscamos criar uma proposta que fosse viável do ponto de vista financeiro, mas que ao mesmo tempo propiciasse aos alunos e professores terem acesso a experimentos que lhe permitissem obter dados mais confiáveis e de maneira automatizada, e que tivessem uma interface computacional gráfica, semelhante aos experimentos industriais. As Tabelas 1 e 2 apresentam os valores dos componentes utilizados neste trabalho. Os valores foram obtidos através de uma pesquisa de preços na internet, sendo que a maioria dos sites consultados é especializada em venda de produtos para eletrônica e robótica. Os preços dizem respeito a apenas uma montagem de cada experimento.

Tabela 1 - Preços dos componentes para uma montagem do experimento “Eletroscópio com Arduino”.

EXPERIMENTO ELETROSCÓPIO COM ARDUINO			
Componente	Preço unitário (R\$)	Quantidade	Preço total (R\$)
Arduino UNO com cabo USB	55,57	1 un.	55,57
Transistor BF245C	1,60	1 un.	1,60
Bateria de 9 V	6,90	1 un.	6,90
Suporte para bateria de 9 V	0,61	1 un.	0,61
Cabos <i>jumper</i>	11,15	Kit	11,15
<i>Protoboard</i> de 170 furos	9,80	1 un.	9,80
Sensor DHT-11	13,91	1 un.	13,91
Resistores de filme de carbono	0,10	3 un.	0,30
LED	1,20	1 un.	1,20
LDR	0,95	1 un.	0,95
Fio de cobre para antena	0,35	1 m	0,35
TOTAL			102,34

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 2 - Preços dos componentes para uma montagem do experimento “Primeira Lei de Ohm com Arduino”.

EXPERIMENTO PRIMEIRA LEI DE OHM COM ARDUINO			
Componente	Preço unitário (R\$)	Quantidade	Preço total (R\$)
Arduino UNO com cabo USB	55,57	1 un.	55,57
Placa fenolite 15 cm x 15 cm	4,73	1 un.	4,73
Potenciômetro de 10 K	1,11	1 un.	1,11
Cabos <i>jumper</i>	13,90	kit	13,90
Cabo flexível, 0,25mm	1,39	1 m	1,39
Garra jacaré	0,56	4 un.	2,24
Resistores de filme de carbono	0,10	3 un.	0,30
TOTAL			79,24

Fonte: Elaborado pelo autor.

O item mais caro de ambas as montagens é a placa Arduino, no entanto, ao avaliar as aplicações possíveis para ela, os temas que podem ser estudados e os experimentos que podem ser feitos com seu auxílio, é fácil perceber que este é um investimento que vale a pena fazer. Para diminuir ainda mais os custos dos experimentos, pode-se aproveitar alguns dos itens de uma montagem na outra. Uma única placa Arduino pode ser usada nas duas aplicações, assim como os resistores, os cabos *jumpers* e os cabos flexíveis com garra jacaré (que também podem ser substituídos por outros tipos de fio mais baratos).

6.4 Roteiro dos experimentos

O roteiro experimental é uma importante ferramenta da prática em laboratórios, pois pode servir como um guia para os alunos que não estão familiarizados com os procedimentos de determinada prática experimental. No entanto, é preciso saber separar o experimento em si do seu roteiro. O aluno não deve ser estimulado a ficar preso apenas ao roteiro porque isso bloqueia sua criatividade e mina sua curiosidade. Logo, o professor precisa ter cuidado ao aplicar uma prática experimental e não deve achar que apenas tendo um bom roteiro em mãos os alunos serão capazes de extrair do experimento aquilo que se espera que eles façam. Sempre é necessária a participação efetiva do professor e o estímulo ao diálogo entre os alunos durante a realização do experimento.

É muito comum encontrar roteiros experimentais em laboratórios de física que podem ser comparados a receitas de bolos: a maioria nada mais é do que uma lista de passos que os alunos devem seguir, muitas vezes sem ter uma ideia clara do porquê. Para tentar romper com os clássicos roteiros experimentais, buscamos neste trabalho criar roteiros dinâmicos, que dialoguem com aqueles que os estão seguindo e que sejam muito mais que uma sequência a ser realizada. Sendo assim, os roteiros produzidos buscam questionar sempre o aluno a cerca daquilo que ele está fazendo, para assim estimular o pensamento crítico do estudante e permitir que ele entenda os resultados que está obtendo a partir do experimento.

Os roteiros completos para as duas aplicações podem ser visualizados nos apêndices desta dissertação.

6.4.1 Roteiro do Experimento “Eletroscópio eletrônico com Arduino”

O roteiro deste experimento começa apresentando ao aluno o aparato experimental que será utilizado e seus componentes. Em seguida é mostrado como eles devem proceder na montagem do experimento, sendo apontados os lugares corretos das ligações entre os componentes, que já devem ter sido inseridos previamente na placa *proto-board* pelo professor, e o Arduino. É necessário que o professor acompanhe de perto seus alunos, para esclarecer possíveis dúvidas que possam surgir quanto às conexões, evitando-se assim erros que podem prejudicar o andamento do experimento. Finalizada a montagem, o roteiro pede que o aluno descreva e explique o que acontece com o LED (que deve encontrar-se aceso nesse momento).

Em seguida o aluno é orientado a colocar o eletroscópio na posição correta para iniciar as medidas e depois é explicado como devem ser utilizados os *softwares* específicos para o experimento. É indicado que os experimentos sejam realizados em salas que possuam ar-condicionado, para que seja possível controlar parcialmente a umidade, uma vez que o ar-condicionado diminui a umidade ambiente.

São apresentados 5 experiências a serem realizadas. Na primeira experiência, com o ar-condicionado ligado previamente (5 a 10 minutos antes da realização do experimento) os alunos irão coletar os dados de umidade, temperatura e luminosidade do LED, todos adquiridos via computador. Os estudantes serão instruídos a atritar uma régua a um pedaço de papel toalha e aproximá-la da antena do eletroscópio, e serão questionados acerca dos fenômenos físicos que estão ocorrendo neste instante e no decorrer da aplicação. Segundo o roteiro, deve-se atritar a régua a uma distância de 50 cm da antena até que a luz do LED apague por completo, o que

ocorre devido ao forte campo eletrostático gerado pelas cargas que agora estão na régua. Porém, aos poucos este campo vai diminuindo, uma vez que a régua começa a perder cargas para o ar. Quando o LED começar a acender novamente, devido a diminuição do campo, o aluno deverá aproximar a régua até uma distância de 10 cm e imediatamente iniciar o cronômetro do aplicativo. Será possível notar que o LED apagará novamente porque, embora o campo tenha diminuído, a distância entre régua e antena ficou bem menor. Com o passar do tempo, o LED volta a acender, pois o campo continua diminuindo, e neste instante o cronômetro deve ser pausado. O aluno deverá ser capaz de observar estes fenômenos – anotando os valores de umidade, temperatura, luminosidade e tempo –, e será questionado, através do roteiro, quanto às causas dos mesmos. Além disso, o roteiro também pede que os alunos discutam os resultados obtidos entre si.

Depois de realizar a primeira experiência e com o auxílio do professor, os estudantes devem mudar a umidade ambiente. Isto pode ser feito desligando o ar-condicionado e abrindo portas e janelas, de modo que a umidade aumente um pouco. Através dos testes realizados em diferentes momentos e diferentes dias e climas, conseguimos fazer uma variação de até 10 % na umidade relativa (em dias chuvosos a variação de umidade pode ser maior). Tendo realizado estes passos, deve-se começar a segunda experiência, que deve ser realizada com o mesmo passo-a-passo da primeira, sendo que as únicas coisas que irão mudar são a umidade e temperatura da sala. Os alunos serão levados a confrontar os dados obtidos nessas duas experiências e discutir quais os efeitos que as mudanças ambientais provocam na eletrização e descarga de corpos. Espera-se que eles possam descobrir que a umidade e a temperatura influenciam muito nestes processos, de forma que em baixas umidades é mais fácil eletrizar um objeto feito de material isolante e mais tempo ele fica carregado, enquanto em altas umidades ocorre o inverso: é mais difícil eletrizar um corpo e mais rápido ele descarrega.

Na terceira experiência o aluno deverá eletrizar a régua da mesma forma das experiências anteriores, mas desta vez ele deverá aproximar a régua da antena até que o LED apague e em seguida deve, mantendo a régua a mesma distância, colocá-la sobre a mesa. Dessa forma o LED voltará a acender, pois a régua induz uma carga oposta na mesa, de forma que o campo elétrico total na antena é praticamente nulo. O aluno será questionado sobre as causas deste fenômeno.

Na quarta experiência o aluno será orientado a eletrizar, ao invés da régua, um bastão de cola quente e aproximá-lo da antena. O que ele deverá perceber é que ao aproximar e afastar o bastão da antena acontece o inverso do que acontecia com a régua: ao aproximar o bastão carregado, o brilho do LED aumenta um pouco, enquanto ao afastar o bastão o LED apaga. O

roteiro questionará o aluno o porquê de isso ocorrer, e espera-se que o aluno compreenda que a causa para isso é o fato de a carga do bastão ser uma carga oposta à da régua. Isto acontece porque existem materiais que quando atritados tendem a perder elétrons, enquanto existem outros que tendem a capturar elétrons. A ordem de materiais com tendência a ganhar ou perder elétrons pode ser observada na série triboelétrica.

Na última experiência proposta no roteiro, o aluno deverá colocar o circuito da antena dentro de um recipiente plástico coberto com papel alumínio e depois aproximar a régua eletrizada do recipiente. Dessa maneira será como se a antena estivesse na cavidade de um condutor e, portanto, não importa a quantidade de carga fora do recipiente, o campo elétrico no seu interior será nulo. Logo, o LED permanecerá aceso mesmo aproximando a régua eletrizada. Embora isso não possa ser visualizado diretamente, uma vez que todo o circuito da antena incluindo o LED deve estar dentro do recipiente, é possível observar o comportamento da luminosidade no aplicativo e perceber que ela não varia significativamente, o que indica que o LED continua aceso. Espera-se que os estudantes identifiquem que o fenômeno estudado é o da blindagem eletrostática.

Por fim, é pedido que os alunos façam um relatório de todas as experiências realizadas, que deve conter as respostas para as perguntas do roteiro, descrição dos equipamentos utilizados e dos procedimentos realizados, e discussões acerca dos resultados obtidos.

6.4.2 Roteiro do experimento “Primeira Lei de Ohm com Arduino”

Os mesmos princípios utilizados no roteiro do experimento “Eletroscópio com Arduino” foram aplicados no roteiro “Primeira Lei de Ohm com Arduino”, ou seja, buscou-se preparar um roteiro que estimulasse a capacidade crítica e investigativa do aluno e despertasse nele um interesse maior pelo fenômeno estudado. O objetivo desta aplicação é mostrar as diferenças entre resistores ôhmicos (que obedecem a primeira lei de Ohm) e resistores não-ôhmicos.

Inicialmente são apresentados os componentes que fazem parte do experimento e como devem ser realizadas as conexões entre a placa Arduino e o computador e entre os componentes e o Arduino. Em seguida são mostrados o código feito na IDE do Arduino e o programa feito em Visual Basic .NET, e é explicado o passo-a-passo de utilização dos mesmos.

Os alunos são orientados colocar primeiramente o resistor de filme de carbono no local específico onde devem ser realizadas as medidas. Devem ser realizadas 15 medidas de tensão e corrente. Para fazer estas medidas os estudantes devem apenas selecionar o número da medida

e clicar no botão para medir tensão e corrente, fazendo com que os dados apareçam nas respectivas colunas. Os alunos devem pegar pelo menos três destas medidas e calcular a média dos valores de resistência obtidos a partir delas, supondo que o resistor usado é ôhmico. Uma vez realizadas as 15 medidas, deve-se clicar no botão “Calcular resistência”, o que fará com que o programa calcule os valores de resistência das 15 medidas. Haverá um questionamento acerca da variação de dados, ou seja, deve-se comparar as medidas da resistência e dizer se os valores variam muito ou não (no caso dos resistores de filme de carbono, essa variação deve ser pequena, uma vez que se tratam de resistores ôhmicos), em seguida o aluno deve clicar no botão específico para calcular a média dos 15 valores de resistência e comparar o resultado com a média realizada anteriormente. Em caso de grandes diferenças, ele deve tentar explicar porque elas ocorreram. O aluno também deve clicar no botão “Calcular potência”, onde obterá os valores da potência dissipada em cada resistor.

No aplicativo criado em Visual Basic pode-se também colocar as cores do resistor utilizado e descobrir seu valor segundo o fabricante, e comparar este valor com a média obtida pelo programa. Ao clicar no botão “Ir para gráficos” será aberta uma nova janela onde o aluno poderá gerar os gráficos de tensão por corrente e potência por corrente no resistor estudado, a partir dos dados obtidos na primeira janela. Se os pontos não couberem dentro da janela gráfica o aluno pode mudar a escala do gráfico e adequar os pontos. Ele será questionado, através do roteiro, acerca do tipo de gráfico produzido e sobre as expressões matemáticas que representam cada curva. No caso do resistor de filme de carbono, o gráfico de tensão por corrente deve apresentar uma curva linear (relacionada à Equação 1), já a curva do gráfico de potência por corrente deve ser uma parábola (relacionada à Equação 2).

Os mesmos procedimentos (exceto a verificação do código de cores) devem ser realizados com os resistores de resina epóxi e de grafite. Espera-se que os estudantes entendam o comportamento de um resistor ôhmico e consigam descobrir se os resistores dos utilizados são ôhmicos ou não-ôhmicos. Novamente deverá ser produzido um relatório com as mesmas especificações do anterior.

7 ANÁLISES DAS APLICAÇÕES E DOS RELATÓRIOS

Neste capítulo analisamos as aplicações realizadas neste trabalho, bem como os relatórios produzidos pelos grupos de alunos que participaram das aplicações. Inicialmente apresentamos um breve passo-a-passo das atividades desenvolvidas em cada aplicação, e em seguida iniciamos a análise com base nas categorias já apresentadas na metodologia.

7.1 Passo-a-passo das aplicações

No início das aplicações, os alunos foram apresentados de forma rápida ao Arduino. Foram mostradas algumas de suas funcionalidades e possíveis aplicações no cotidiano. Foi explicado qual era o objetivo do experimento e entregues os roteiros aos grupos bem como os materiais que eles iriam necessitar para as montagens. Porém, também foi pedido que não se limitassem apenas aos roteiros, caso tivessem alguma outra ideia que não estivesse prevista no roteiro, deveriam pô-la em prática. Em seguida lhes foi mostrado o *software* que seria utilizado para captura e análise de dados do respectivo experimento.

7.1.1 Aplicação do Experimento “Eletroscópio Eletrônico com Arduino”

Esta prática foi dividida em cinco atividades que estavam descritas no roteiro. Estas atividades foram:

1ª Atividade: Na primeira atividade da aplicação, os alunos tinham que atritar a régua com um pedaço de papel toalha e depois aproximá-la da antena do eletroscópio de modo que a régua carregada provocasse o apagamento do LED. Depois deveriam esperar até que o LED voltasse a acender e seguir os outros procedimentos descritos no roteiro.

Figura 33 - Alunos atritando a régua com o papel toalha e esperando ela descarregar.



Fonte: Elaborado pelo autor.

2ª Atividade: A segunda atividade proposta no roteiro era quase idêntica à primeira, com a diferença de que desta vez as condições de umidade e temperatura da sala deveriam ser modificadas e os alunos deveriam observar as mudanças ocorridas no experimento. Por esse motivo, após o término da primeira atividade, a porta e as janelas da sala foram abertas e o ar-condicionado desligado. Para que houvesse tempo das condições da sala mudarem. Por conta disso, a segunda atividade proposta, que deveria ser feita logo após a primeira, foi a última atividade realizada.

3ª Atividade: Na terceira parte da prática os alunos deveriam novamente atritar a régua, aproximá-la da antena até apagar o LED e em seguida colocar a régua carregada sobre o balcão. Fazendo isto, mesmo que a régua estivesse à mesma distância da antena, o LED voltava a acender.

4ª Atividade: A quarta atividade consistia em friccionar um bastão de cola quente, ao invés da régua, com o papel toalha e aproximá-lo do eletroscópio. O bastão ficaria carregado com cargas positivas, fazendo com que a intensidade luminosa do LED aumentasse um pouco ao aproximar o bastão, e diminuísse ao afastar o bastão.

5ª Atividade: Por fim, a última atividade consistia em colocar o eletroscópio dentro de um recipiente plástico coberto com papel alumínio. Depois se aproximava a régua para notar seu efeito sobre a luminosidade do LED (como o LED se encontrava dentro do recipiente, só era possível notar alguma mudança em seu brilho através do *software*), o resultado era que nenhuma alteração na intensidade luminosa ocorria.

7.1.2 *Aplicação do experimento “Primeira Lei de Ohm com Arduino”*

No início da aplicação do experimento, seguindo o roteiro, os alunos deveriam inicialmente montar o circuito contendo o resistor a ser analisado, a placa com o potenciômetro e os fios e cabos com garra jacaré, e ligá-lo ao Arduino. O passo seguinte à montagem do experimento foi a aquisição de dados. Os primeiros resistores analisados foram resistores industriais de filme de carbono de potência de $\frac{1}{4}$ W. Os alunos deveriam realizar quinze medidas de tensão e corrente através do programa, sendo que a cada medida o potenciômetro deveria ser girado um pouco, fazendo com que a corrente no circuito variasse de uma medida para outra. Sendo assim, a corrente que atravessava o resistor de teste deveria ser diferente para cada uma das quinze medidas. Depois os grupos poderiam, ainda utilizando o programa, calcular os valores de resistência e potência dissipada pelo resistor para cada medida, e ainda

comparar o valor médio da resistência com o valor especificado pelo fabricante nas cores do resistor.

A segunda parte da análise de dados consistia em gerar os gráficos de tensão x corrente e potência x corrente a partir dos dados obtidos inicialmente. Uma vez gerados os gráficos, os estudantes deviam analisar os mesmos e concluir se o resistor testado era de fato ôhmico. Em seguida os alunos tiveram que repetir o mesmo procedimento, mas desta vez utilizando dois tipos de resistores caseiros: um feito a partir de um pedaço de grafite de lápis comum e outro feito a partir de uma mistura de resina epóxi e lã de aço.

7.2 Motivação e interesse dos alunos

A prática experimental unida às ferramentas tecnológicas adequadas deve promover a motivação e o interesse dos alunos, e é apenas através da motivação para aprender que a aprendizagem pode ocorrer de maneira efetiva. Neste sentido, a aplicação das atividades propostas demonstrou-se ser eficaz em criar nos estudantes que participaram da mesma, um interesse maior do que eles geralmente mostravam em outros tipos de atividades mais tradicionais.

No início da aplicação do experimento “Eletroscópio Eletrônico com Arduino”, quando os grupos foram apresentados ao aparato experimental (computador, Arduino, *software* e os outros elementos que compunham o produto), já começaram a demonstrar interesse pela atividade, pois a grande maioria não conhecia nem nunca tinha ouvido falar sobre o Arduino. Sendo assim, quando a prática foi iniciada eles já estavam bastante empolgados de poder utilizar uma nova ferramenta.

Figura 34 - Alunos realizando a atividade prática do experimento “Eletroscópio Eletrônico com Arduino”.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Algo que também os deixou interessados foi o fato de terem se deparado pela primeira vez (todos, sem exceção) com um experimento que utilizava o computador. Segundo relato dos mesmos, nunca haviam realizado um experimento (não só de física como de qualquer outra disciplina) que envolvesse o uso do computador como ferramenta auxiliar na captura de dados. Segundo os alunos, os experimentos que haviam realizado anteriormente utilizavam outros instrumentos, como réguas, cronômetros e termômetros, mas nunca o computador. Quando a captura de dados foi iniciada o interesse se tornou mais evidente ainda, uma vez que o *software* produzido permitia a visualização em tempo real dos valores obtidos pelo Arduino.

Figura 35 - Alunos observando a captura de dados no computador no experimento “Eletroscópio Eletrônico com Arduino”.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Como foram encorajados a fazer, os alunos logo estavam se divertindo com o experimento: atritando a régua aos cabelos ou a própria roupa e aproximando-a carregada da antena do eletroscópio para ver o que acontecia. Também começaram a aproximar as próprias mãos do experimento para ver se estavam carregadas (ver figura 36) e a disputar entre eles para ver quem conseguia carregar mais a régua. Embora tenham feito várias coisas que não estavam previstas no roteiro, todos os grupos fizeram os seus relatórios baseados apenas nos itens pedidos no roteiro, mesmo que durante a prática tenha sido salientado a necessidade de se anotar e discutir todos os fenômenos que pudessem ocorrer durante a realização do experimento.

Figura 36 - Aluno aproximando as mãos carregadas da antena do eletroscópio e apagando o LED.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Praticamente em todos os grupos os alunos estavam participando ativamente da prática e não ficavam dispersos. Muitos deles chegaram a fazer perguntas relacionadas ao conteúdo de eletrostática que não faziam parte do experimento. O Arduino também foi algo que lhes chamou muita atenção, sendo que alguns alunos demonstraram interesse em aprender a utilizá-lo em outras aplicações, pedindo dicas de por onde começar a estudar e como adquirir a placa Arduino.

Um dos pontos mais interessantes abordados pelos estudantes do GRUPO 1A em seu relatório estava presente nas conclusões, quando o grupo afirmou que:

“os experimentos serviram para esclarecer as diversas dúvidas que tínhamos e aguçar nosso espírito científico, que essa seja apenas uma de muitas experiências que iremos adquirir no laboratório e usaremos em nossa formação sócio-constructiva (grifo nosso)”.

Analisando este trecho, podemos chegar a algumas conclusões importantes sobre o impacto que os alunos atribuem à prática experimental em sua formação. Primeiramente, eles afirmam que a prática experimental pode servir para esclarecer dúvidas em relação ao conteúdo estudado. Em seguida, eles levantam um tema de extrema importância e que é um dos principais objetivos buscados através desta prática: estimular o “espírito científico” e o pensamento crítico-científico dos alunos. E por fim, o grupo afirma que a prática contribui para sua “*formação sócio-constructiva*”. Entendemos aqui que os alunos atribuíram um papel muito importante à prática experimental, a ponto de afirmar que ela pode enriquecer sua formação e suas relações sociais.

Na aplicação do experimento “Primeira Lei de Ohm com Arduino”, novamente os alunos se mostraram bem empolgados com a ideia de utilizar uma ferramenta que, embora fosse desconhecida para a maioria deles, tivesse tantas aplicações práticas possíveis. O resultado,

como a aplicação anterior, foi a participação efetiva de todos os alunos e uma grande empolgação para realizar a prática proposta.

Figura 37 - Alunos utilizando o *software* produzido em Visual Basic .NET 2010 na aplicação do experimento “Primeira Lei de Ohm com Arduino”.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Da mesma forma que os alunos da primeira aplicação, os estudantes da segunda aplicação afirmaram que nunca haviam realizado experimentos cuja ferramenta utilizada para captura de dados tivesse sido o computador, embora já o tivessem utilizado em experimentos virtuais. Novamente o uso do computador com este tipo de fim prático aumentou o interesse dos alunos. Assim, o uso de tecnologias relacionadas com o cotidiano dos alunos, mostrou-se importante para aumentar o interesse dos mesmos, de forma a tornar a atividade mais interessante e estimulante, fazendo com que se tornassem mais participativos e a aprendizagem ocorresse de maneira mais natural e efetiva.

7.3 Habilidades manipulativas dos estudantes

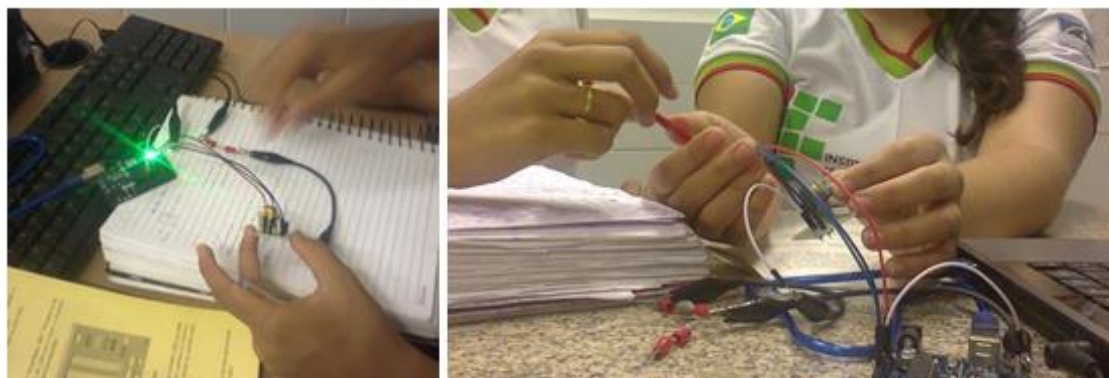
Outro motivo importante para se promover a experimentação no ensino é o desenvolvimento das habilidades manipulativas dos estudantes, sejam estas habilidades relacionadas a parte física do experimento, ou seja, ao manuseio e montagem dos equipamentos, ou a sua interação com os *softwares* que realizam as capturas e análises de dados. Assim, os

alunos que participaram das práticas propostas tiveram a oportunidade de desenvolver tais habilidades, alguns com mais êxito. Um exemplo disso diz respeito às atividades propostas no roteiro que todos os grupos conseguiram realizar, alguns mais rapidamente e sem encontrar muitos problemas do que outros.

Na primeira experiência da aplicação “Eletroscópio Eletrônico com Arduino”, o GRUPO 1A relatou que, depois de colocarem a régua no ponto inicial (à 50 cm do eletroscópio), um dos alunos acabou atritando demais a régua e o papel toalha, o que fez com que a carga elétrica na régua ficasse tão grande que o tempo para que ela descarregasse também acabaria sendo muito grande, o que faria com que não houvesse tempo para as outras experiências. Esta observação pode ser feita afastando a régua do ponto de referência inicial, se o LED continuar apagado mesmo que a régua esteja a uma distância muito grande (no caso, um pouco mais que 2 metros) então a carga da régua é alta, e em condições de baixa umidade o tempo de descarga é longo. Desse modo, os alunos abortaram a primeira tentativa e atritaram novamente a régua, desta vez tentando torná-la menos carregada.

Durante a aplicação do experimento “Primeira Lei de Ohm com Arduino” dois grupos conseguiram êxito de imediato na montagem e início do manuseio dos equipamentos, mas o GRUPO 2B precisou do auxílio do professor para conseguir realizar a mesma tarefa.

Figura 38 - Grupos realizando as medidas da aplicação “Primeira Lei de Ohm com Arduino”.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Alguns grupos encontraram um pouco de dificuldade, pois às vezes giravam muito o potenciômetro, de modo que antes de chegar à última medida o potenciômetro já havia sido girado totalmente, impedindo que a corrente continuasse sendo variada. Sendo assim, se isso ocorresse, para que não fosse necessário realizar novamente todas as medidas, os alunos foram orientados a girar o potenciômetro no sentido contrário. Outro problema era que às vezes os alunos giravam o potenciômetro tão pouco que não se notava diferença nos valores de tensão e

corrente entre uma medição e outra, nestes casos, a orientação era para que os alunos realizassem novamente a última medida tentando variar um pouco mais o potenciômetro.

A segunda parte da análise de dados do experimento “Primeira Lei de Ohm com Arduino” consistia em gerar os gráficos de tensão x corrente e potência x corrente a partir dos dados obtidos inicialmente. Os três grupos conseguiram chegar até esta etapa sem grandes dificuldades. Uma vez gerados os gráficos, os estudantes deviam analisar os mesmos e concluir se o resistor testado era de fato ôhmico. Todos os grupos obtiveram pontos no gráfico que se aproximavam bastante de uma linha reta, o que caracterizava o resistor de filme de carbono como um resistor ôhmico.

Em seguida os alunos tiveram que repetir o mesmo procedimento, mas desta vez utilizando outros dois tipos de resistores caseiros: um feito a partir de um pedaço de grafite de lápis comum e outro feito a partir de uma mistura de resina epóxi e lã de aço. Dessa vez, como já tinham a experiência da primeira prática, foi mais fácil e rápido para os alunos conseguirem coletar e analisar os dados obtidos.

7.4 Questionamentos e discussões realizadas em grupo e com o professor

Um dos cuidados que o professor deve ter ao adotar uma nova estratégia pedagógica é escolher um tipo de estratégia que realmente possibilite interações sociais entre os envolvidos na mesma. Desta forma, optamos em nossas aplicações trabalhar com grupo de estudantes ao invés de indivíduos, pois acreditávamos que desta maneira seria possível estimular mais o debate em grupo e a interação entre os sujeitos de cada grupo. Além disso, no caso de práticas experimentais, é importante perceber que entregar um roteiro elaborado previamente aos estudantes não será o bastante para garantir a aprendizagem, se durante a realização da prática não houver alguém que domine o conteúdo que está sendo estudado (GASPAR, 2014). Dessa forma, a presença do professor torna-se necessária para discutir e orientar a realização da atividade proposta. Por este motivo, também optamos por manter o professor sempre imerso no ambiente da prática, de forma a sempre estar interagindo com seus alunos, tirando suas dúvidas, fazendo questionamentos, etc.

O roteiro produzido tinha como objetivo instigar sempre o debate entre os estudantes. Quando questionados pelo roteiro sobre a explicação do fenômeno de eletrização da régua, os alunos de cada grupo discutiram a experiência entre si, auxiliados pelo professor que conversava com cada grupo separadamente. Quando questionados sobre a terceira atividade do experimento “Eletroscópio Eletrônico com Arduino”, inicialmente apenas o GRUPO 1A se

arriscou a dar uma resposta de imediato, quando um dos alunos disse: “o que acontece é que a régua atrai as cargas da mesa, então a carga positiva anula a negativa”. Mesmo sem ter utilizado o conceito de campo elétrico, pode-se admitir que a resposta do aluno é coerente com o fenômeno estudado, uma vez que, de fato, a presença de cargas na régua induz uma carga oposta sobre a mesa, o que conseqüentemente produz um campo quase nulo na antena.

Outros dois grupos (GRUPO 2A e GRUPO 4A) chegaram a uma conclusão semelhante após um debate entre eles e o professor, que utilizou como exemplo para reforçar o fenômeno um canudo que quando carregado e aproximado de uma lousa pode ficar preso à mesma. O GRUPO 3A não conseguiu chegar a uma resposta satisfatória, sendo necessário que o professor lhes explicasse a experiência. Ou seja, sem a presença do professor durante a prática realizada, todos os grupos teriam obtido êxito ao realizar a experiência, porém pelo menos um grupo não teria conseguido compreender o que realmente significava os resultados a que chegou.

Ao realizarem a quarta atividade da aplicação do experimento “Eletroscópio Eletrônico com Arduino”, todos alunos notaram que quando se eletrizava o bastão de cola quente acontecia algo diferente de quando se eletrizava a régua, pois quando aproximavam o bastão a intensidade luminosa do LED aumentava um pouco, enquanto quando afastavam o bastão o LED apagava (o oposto do que ocorria com a régua). Após um período de debate, os grupos 1A, 2A e 4A, concluíram que a carga do bastão devia ser oposta à da régua, já o GRUPO 3A teve que discutir o fenômeno com o professor para chegar a essa mesma conclusão. No entanto, nenhum dos grupos fez um paralelo entre a experiência realizada e a série triboelétrica dos materiais.

7.5 Domínio prático/teórico e conclusões dos alunos acerca dos fenômenos estudados

Toda atividade experimental deve ajudar os alunos a esclarecer os conteúdos teóricos estudados previamente e promover sua compreensão adequada através de sua aplicação prática. Neste sentido, as aplicações realizadas permitiram que os estudantes aplicassem seus conhecimentos realizando experiências que lhes possibilitassem também vivenciar os processos de investigação de princípios físicos.

No experimento “Eletroscópio Eletrônico com Arduino”, a maior dificuldade encontrada pelos alunos foi a explicação dos fenômenos. Embora estivessem conseguindo realizar os experimentos conforme pedido no roteiro, explicar os resultados a partir dos conhecimentos teóricos que já haviam obtido nas aulas anteriores não foi tão simples quanto se esperava. Alguns só conseguiram encontrar as explicações corretas a partir do debate em grupo

e discussão com o professor, e mesmo assim, como foi constatado depois, muitos conceitos errados ainda foram encontrados nos relatórios.

Observando as diferenças no valor de umidade, todos os grupos conseguiram perceber que era mais difícil carregar a régua com a umidade alta e mais rapidamente ela descarregava quando em contato com o ar.

Na realização da última atividade, ao aproximar a régua carregada do recipiente os estudantes percebiam que a variação característica na leitura dos dados ocorrida anteriormente não ocorria mais. Somente o GRUPO 2A apontou que o recipiente funcionava como uma “Gaiola de Faraday”, enquanto os outros grupos não lembravam deste conceito.

No geral, a aplicação demonstrou o quanto os estudantes estavam ou não preparados para aplicar o conhecimento teórico de forma prática. O GRUPO 1A e o GRUPO 2A foram aqueles que mais conseguiram fazer conexões entre as experiências realizadas e o conteúdo estudado, também foram os grupos que se mostraram mais empolgados com a prática. Já o GRUPO 3A foi o que mais demonstrou dificuldades em entender e explicar os fenômenos que estavam ocorrendo (alguns dos alunos deste grupo estão entre os que apresentam maiores dificuldades com o conteúdo teórico da disciplina). Ficou evidente também o quanto pode ser difícil para os alunos, mesmo aqueles que dominam os conceitos físicos, identificar ou apontar estes conceitos quando se deparam com eles em uma atividade prática ou no seu dia-a-dia.

Durante a aplicação do experimento “Primeira Lei de Ohm com Arduino”, pode-se perceber que a principal dificuldade encontrada pelos alunos foi a associação entre a matemática envolvida na primeira lei de Ohm e seus efeitos práticos. Apenas o GRUPO 3B não teve muitos problemas para perceber que o gráfico da tensão x corrente obtido apresentava uma relação linear entre tensão e corrente, representada pela Equação 1, característica de resistores ôhmicos. Também perceberam rapidamente que o gráfico da potência pela corrente correspondia a uma parábola, que era resultado da relação entre corrente e resistência (uma equação do segundo grau) na potência dissipada pelo resistor ôhmico, como pode ser observado na Equação 2. Os outros grupos tiveram mais dificuldade de relacionar estes dados com as respectivas equações.

As conclusões que podem ser tiradas a partir da análise da segunda aplicação são semelhantes às conclusões tiradas da primeira aplicação: os estudantes normalmente apresentam muita dificuldade em relacionar o conhecimento teórico e o prático, o que ficou evidenciado pelo fato de apresentarem dificuldades em relacionar as equações estudadas e o comportamento dos resistores, o que mostra a necessidade de um ensino de física também voltado para a prática.

7.5.1 Relatórios relativos ao experimento “Eletroscópio Eletrônico com Arduino”

a) GRUPO 1A:

O GRUPO 1A iniciou o relatório apresentando o experimento utilizado durante a prática. Em seguida começou a descrever as experiências realizadas, uma a uma.

Na primeira atividade, o grupo anotou os valores de umidade, que variava de 35 % a 36 % durante a realização da prática, e temperatura, que ficou em 19 °C. Além disso, também observou o comportamento no gráfico da luminosidade do LED x tempo. O grupo descreveu que durante a primeira medida, após eletrizar a régua a uma distância de 50 cm do eletroscópio, eles esperaram que o LED voltasse a acender; neste instante aproximaram a régua a uma distância de 10 cm do eletroscópio e iniciaram a contagem do tempo no cronômetro. Quando o LED voltou a acender totalmente, o grupo parou o cronômetro e anotou o tempo transcorrido, que foi de seis minutos cinquenta segundos.

Durante a realização da segunda atividade, o grupo percebeu que a temperatura e umidade da sala haviam aumentado (o grupo só relatou a nova medida de temperatura, que foi de 25 °C, e esqueceu-se de escrever o novo valor da umidade). Após realizar os mesmos procedimentos da primeira atividade, os estudantes perceberam que o tempo de descarga da régua era menor, e que até eletrizar a mesma se tornou mais difícil:

O que podemos perceber é que com ambiente mais quente a régua se eletriza com mais dificuldade e demora bem menos tempo para perder sua carga para o ambiente. Com o ambiente mais úmido, a umidade presente nele fornece elétrons para neutralizar, aumentando a condutibilidade elétrica, ou seja, o deslocamento de elétrons [grifo nosso] (GRUPO 1A).

Os trechos destacados acima demonstram um pequeno equívoco do grupo ao tentar explicar como a umidade influencia no processo de descarga de um corpo eletrizado. Na realidade, a umidade alta significa um maior número de moléculas de água no ar. Estas moléculas podem ser polarizadas pelo campo eletrostático da régua carregada e o resultado disso é um campo induzido nas moléculas oposto ao campo original. Desta forma, o campo resultante tende a ficar nulo mais rapidamente quanto mais moléculas de água estiverem presentes no ar: “se o ar estiver úmido, as superfícies são neutralizadas quase instantaneamente pelo vapor d’água presente no ar” (WALKER, 2008, p. 227). Mas o interessante é o raciocínio utilizado pelos alunos, que quase conseguiram explicar o fenômeno. Além disso, devemos

salientar o fato de terem sido o único grupo que tentou buscar uma explicação menos superficial para o fenômeno. O que isto demonstra é como o experimento pode instigar o aluno a pensar sobre o mundo que o cerca, tentando buscar respostas que estejam baseadas nas leis da física para explicar a realidade.

Durante as discussões que ocorreram no momento da terceira atividade, o GRUPO 1A chegou a uma resposta correta para o que ocorria durante o fenômeno, mas ao tentar explicar o fenômeno no relatório, o grupo escreveu que “esse processo pode ser explicado porque a régua carregada negativamente, em contato com a mesa positivamente, fecha o circuito com atração dos polos opostos, eventualmente com retirada a LED volta a apagar (grifo nosso)”. O trecho sublinhado mostra um equívoco dos alunos no que diz respeito a explicação do fenômeno. Neste trecho eles afirmam que a mesa (balcão) está carregada positivamente, mas não explicam que na verdade apenas a superfície próxima à régua é que se carrega positivamente por indução devido às cargas negativas da régua. Depois o grupo ainda utiliza o termo “fecha o circuito”, mostrando que existe certa confusão entre eletrostática e eletrodinâmica, uma vez que um circuito elétrico se caracteriza pelo movimento contínuo de cargas (corrente elétrica) (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2009).

Na quarta atividade, durante as aplicações, o grupo percebeu que o sinal das cargas deveria ser oposto, no entanto em seu relatório não explicou a relação entre o sinal da carga e o tipo de material utilizado. Já na quinta atividade, a explicação do GRUPO 1A fenômeno ocorrido foi a de que “o papel alumínio serve como isolante”. É possível perceber através desta conclusão dos alunos acerca do fenômeno que eles não compreenderam bem o conceito de blindagem eletrostática. O papel alumínio não serve como isolante (aliás, o alumínio é um condutor), o que ocorre é que a parte interna do recipiente coberto com papel alumínio não sofre influência do campo eletrostático externo, de forma que o campo interno é nulo independente das cargas externas, não causando nenhuma influência sobre a antena do eletroscópio.

b) *GRUPO 2A:*

O GRUPO 2A apresentou em sua introdução uma breve análise da estrutura da matéria, afirmando que “no mundo, existem diversas matérias, sendo essas compostas por moléculas. Moléculas que são formadas por átomos, que podem ser divididos em três tipos de partículas – próton, elétron e nêutrons (grifo nosso)”. Podemos então afirmar que o grupo tem uma boa noção da estrutura atômica e que também conseguem associar cada tipo de carga à devida partícula, pois no trecho seguinte eles dizem que: “Sendo assim, [...] existem diversas cargas

elétricas no universo, que podem ser positivas, negativas ou neutras”. Ainda na introdução, eles escrevem que a eletrostática é “o meio responsável por estudar o comportamento de cargas elétricas em repouso e também suas propriedades. Essas cargas passam por constantes modificações através de processos de eletrização”. Ou seja, é possível afirmar que este grupo apresenta também uma boa compreensão do que é a eletrostática.

No primeiro item da parte de “Procedimentos metodológicos” de seu relatório, o GRUPO 2A apresentou a discussão acerca da primeira atividade proposta no roteiro. O grupo apresentou os dados da leitura do LDR com o LED aceso, o valor percentual da umidade (36 %) e o valor da temperatura (20 °C). Ao realizar o experimento, o grupo explicou os resultados obtidos da seguinte maneira: “a régua, por ter uma massa menor, quando atritada passa a ter uma alta concentração de cargas negativas, ou seja, quando atritada a régua fica eletrizada negativamente (grifo nosso)”. Embora a maior parte da afirmação esteja correta, o trecho destacado mostra que a explicação para que a régua fique carregada está incorreta: não é a quantidade de massa que influencia a concentração de cargas negativas, e sim os tipos de materiais que estão sendo atritados entre si.

Ao realizarem o segundo experimento proposto no relatório, os alunos observaram que o tempo de descarga da régua era menor no caso de os valores de umidade e temperatura estarem mais altos (37 % e 26 °C, respectivamente). Enquanto no primeiro experimento o tempo para a descarga da régua foi de aproximadamente 4 minutos e 17 segundos, no segundo experimento este tempo caiu para aproximadamente 2 minutos e 35 segundos. A explicação e análise apresentada pelo grupo para tal resultado foi a seguinte:

[...] analisamos que o tempo mais longo foi o do 1º experimento, isso aconteceu devido ao percentual de umidade diferente em cada situação.

A umidade do ar facilita perda das cargas superficiais de um objeto, tendo em vista o aumento da condutividade do ar. Em um ambiente úmido o desequilíbrio de cargas não irá durar um tempo *útil*. Se a umidade está alta, como no 2º experimento, haverá uma resistência para o elétron fluir, por isso as cargas neutralizam o equilíbrio. Já se a umidade estiver baixa, a carga pode aumentar em níveis elevados [grifo nosso] (GRUPO 2A).

Ao analisarmos esta afirmação, nos deparamos com dois trechos bem distintos e até antagônicos. Inicialmente o GRUPO 2A diz que a umidade do ar facilita a perda das cargas superficiais de um objeto, o que está correto até certo ponto, uma vez que a carga líquida nos arredores do objeto diminui mais rapidamente com a umidade alta. Mas nas últimas três linhas a afirmação se torna confusa, pois o grupo afirma que a umidade aumenta a resistência ao movimento dos elétrons, o que tornaria a carga neutra. Na verdade, o que ocorre, como já

mencionado anteriormente é uma polarização das moléculas de água e diminuição do campo eletrostático resultante.

Na terceira atividade proposta, os alunos explicaram no relatório o porquê de ao colocar a régua carregada sobre a mesa, mesmo ela estando próximo ao eletroscópio, o LED acendia. A explicação dada pelo grupo foi a seguinte: “o LED acende porque aproximamos as cargas negativas da régua e a carga é fechada com o circuito da mesa, sendo assim não surge efeito no LED (grifo nosso)”. Esta frase também é bastante confusa, mas ela nos leva a crer que, assim como o GRUPO 1A, o GRUPO 2A associou erroneamente o movimento de cargas estudados pela eletrodinâmica com o movimento das cargas elétricas gerado por uma eletrização por indução.

Na quarta atividade, os estudantes deveriam realizar uma comparação entre o efeito provocado no eletroscópio devido a uma régua carregada e em seguida devido a um bastão de cola quente carregado da mesma maneira que a régua, ou seja, carregado através do atrito com papel toalha. Sobre este experimento os alunos escreveram:

Quando aproximamos a régua eletrizada da antena do eletroscópio, o LED apagou. Já quando aproximamos o bastão de cola quente da antena, o LED acendeu. Isso acontece, porque os dois materiais apresentam cargas diferentes. Enquanto o bastão é eletrizado positivamente e a régua é eletrizada negativamente (GRUPO 2A).

Analisando todo o trecho, podemos concluir que o grupo entendeu o que realmente ocorria no experimento: dependendo do tipo de material que se eletrize, as cargas adquiridas pelos corpos podem ser negativas ou positivas.

Ao discutir os resultados da quinta e última atividade, o grupo percebeu, através da leitura dos dados no *software*, que não houve variação na intensidade luminosa do LED. Ao explicarem tal fato, os alunos colocaram em seu relatório:

Isso acontece pelo fenômeno chamado Blindagem Eletrostática que determina que um corpo condutor com excesso de cargas distribuídas uniformemente (pelo processo de repulsão, em que as cargas de mesmo sinal se afastam até atingirem o equilíbrio eletrostático) possui um interior com campo elétrico nulo (GRUPO 2A).

Mas uma vez, a resposta apresentada foi a correta. Isso demonstra que os alunos conseguiram não apenas compreender o fenômeno estudado, como explicá-lo de forma correta em seu relatório.

Por fim, em suas conclusões, o GRUPO 2A escreveu que os fenômenos eletrostáticos fazem parte do nosso cotidiano, e que os processos de eletrização dependem de fatores como a

blindagem eletrostática e a umidade. O grupo também afirmou que existem diferentes tipos de carga, e que isso pode ser evidenciado pelo experimento envolvendo a eletrização do bastão de cola quente.

c) *GRUPO 3A:*

O GRUPO 3A iniciou seu relatório com uma breve introdução onde apresentou os objetivos da atividade proposta. Em seguida elencou os materiais utilizados e os experimentos realizados. Ao contrário dos dois primeiros grupos, o GRUPO 3A não se aprofundou na explicação dos fenômenos estudados, sendo seu relatório em sua maior parte apenas descritivo.

Ao comentar a primeira atividade, o grupo descreveu a sua montagem e os procedimentos realizados. Após medir o tempo de descarga da régua para os valores de umidade e temperatura de, respectivamente, 34 % e 22 °C, o resultado obtido foi de aproximadamente 4 minutos e 30 segundos. Já na segunda atividade proposta pelo roteiro, com uma umidade de 36 % e uma temperatura de 27 °C, o tempo de descarga foi bem menor, em torno de 1 minuto e 30 segundos. O grupo conclui que tanto a temperatura quanto a umidade influenciam na descarga da régua.

Na terceira atividade, ao carregar a régua e colocá-la sobre a mesa, os estudantes perceberam que o LED voltava a acender. A explicação dada foi a de que “isso ocorre porque quando colocamos a régua sobre a mesa as cargas se atraem, tornando ambos neutros (grifo nosso)”. Embora não tenha ficado explícito na afirmação, acreditamos que ao utilizarem o termo *ambos neutros* o grupo se referia a régua e a mesa, o que é um pequeno equívoco, pois após afastar a régua da mesa nota-se que ela continua carregada. O que acontece é que a soma total das cargas da régua e das cargas induzidas na mesa, é praticamente zero. Ao usarem o termo *as cargas se atraem*, acreditamos que estivessem se referindo a indução que ocorre na mesa devido à presença das cargas negativas na régua, que é o que realmente acontece (eletrização por indução).

Na quarta atividade, os alunos atritaram a régua e em seguida um bastão de cola quente à um pedaço de papel toalha e notaram que eles tinham efeitos opostos sobre o eletroscópio. Para explicar isso, sem se aprofundar muito, o grupo afirmou corretamente que “a carga da régua é negativa e a carga do bastão é positiva”.

Na última atividade, o eletroscópio foi colocado dentro de um recipiente plástico coberto por papel alumínio. Sobre esta atividade, o grupo escreveu em seu relatório: “a régua foi atritada e aproximada do eletroscópio. Sabendo que ao aproximar a régua ao eletroscópio o LED apaga,

o mesmo foi feito com o eletroscópio coberto pelo recipiente, porém, ao analisarmos no programa de computador “Eletroscópio”, percebemos que o LED não apagou”. Como explicação para isso, o grupo disse em seu relato: “isso ocorre porque o recipiente blindo o eletroscópio, impedindo que as cargas negativas da régua sejam ‘percebidas’ pelo mesmo”. Podemos notar que o grupo compreendeu o princípio da blindagem eletrostática, mesmo que não tenha utilizado o termo científico correto para explicar o fenômeno.

Por fim, em sua conclusão o grupo fez uma breve análise dos resultados obtidos durante a prática. O grupo encerra seu relatório falando sobre a influência da umidade nos processos de eletrização dos corpos, baseando esta afirmação no resultado do segundo experimento.

d) *GRUPO 4A:*

Diferentemente de todos os outros grupos, o GRUPO 4A iniciou seu relatório falando um pouco sobre o desenvolvimento histórico da eletricidade, passando pelo seu uso em truques de magia até a sua importância no desenvolvimento da sociedade moderna. Assim, o grupo introduz a eletrostática como sendo um dos vários ramos de estudo da eletricidade. Em seguida é apresentado o instrumento eletroscópio eletrônico e do Arduino, com uma breve explicação de seus funcionamentos.

Ao explicarem os resultados da primeira atividade, o grupo afirmou que um objeto fica carregado quando “o objeto recebe ou cede elétrons, [...] fazendo com que o corpo fique eletricamente positivo (caso perca elétrons) ou eletricamente negativo (caso ganhe elétrons)”. Eles ainda afirmam que a régua fica carregada ao ser atritada e vai perdendo esta carga gradualmente, fazendo com que a luz do LED voltasse a acender aos poucos. Este grupo não colocou em seu relatório nenhuma informação referente a segunda atividade e a influência da umidade nas medições.

Após eletrizar a régua e colocá-la sobre a mesa, na terceira atividade, eles notaram que a régua deixava de influenciar o eletroscópio. Para tentar explicar o ocorrido, escreveram: “todo condutor eletrizado negativamente e ligado à terra irá descarregar-se (perdendo elétrons) e aqueles eletrizados positivamente irão carregar-se (recebendo elétrons)”. Ou seja, os alunos consideraram que a régua era feita de material condutor que, quando em contato com a mesa, passavam sua carga em excesso para ela. O erro nesse caso está em considerar a régua como um condutor, quando na verdade seu material (plástico) é um isolante elétrico, o que impede o movimento de cargas através do material.

Já para a quarta atividade o grupo apresentou uma análise correta: ao atritar o bastão de cola quente e aproximá-lo do eletroscópio, o grupo percebeu que o comportamento do LED era contrário ao anterior, quando a régua era aproximada ao invés do bastão de cola quente. No relatório, então, a conclusão apresentada foi a de que: “isso é causado pela divergência entre as cargas do bastão e da régua, pois [...] apresentam cargas opostas (uma é positiva e a outra negativa)”.

Na última atividade da prática, o grupo analisou o comportamento do LED através do *software* “Eletroscópio”, uma vez que o eletroscópio se encontrava dentro do recipiente fechado, o que impedia a visualização direta do brilho do LED. Os alunos perceberam que o eletroscópio não sofria influência de cargas externas ao recipiente: “o recipiente em questão funcionou como uma espécie de isolante, impedindo que a antena do aparelho captasse as alterações no campo ao seu redor (grifo nosso)”. Na verdade, o termo *isolante* não seria o mais correto, mas da maneira com a qual foi inserido no texto podemos perceber que o grupo não se referia aqui a um material isolante no sentido de impedir a passagem de cargas, mas sim de um objeto que isola o que está dentro dele dos campos eletrostáticos externos.

7.5.2 Relatórios relativos ao experimento “Primeira Lei de Ohm com Arduino”

a) GRUPO 1B:

Na sua introdução, o grupo comenta um pouco sobre o importante papel que a eletricidade desempenha na sociedade, afirmando que ela que faz “dispositivos e sistemas funcionarem, além de ser aliada dos avanços tecnológicos”. Também apresentaram uma citação de Yamamoto e Fuke (2013), que define a resistência elétrica como sendo “a capacidade de um objeto de opor-se à passagem de corrente elétrica, quando submetido a uma diferença de potencial”. Por fim, o grupo também apresenta a primeira lei de Ohm e define o que são resistores ôhmicos e não-ôhmicos:

Condutores que mantêm sua resistência constante são chamados de resistores ôhmicos, respeitando assim a primeira Lei de Ohm, e aqueles condutores que tem a sua resistência variante são chamados de resistores não-ôhmicos, pois não possuem uma proporção entre tensão e intensidade de corrente (GRUPO 1B).

Este grupo foi o único a apresentar, em seu relatório, os objetivos da prática, definindo-os como:

- Determinar a resistência média do resistor;

- Verificar se a resistência se encontra na média estipulada pela fabricante;
- Analisar se o resistor é ôhmico;
- Mostrar que a expressão que relaciona potência, corrente e resistência pode ser determinada pelas definições de tensão ($U = R \cdot i$) e potência ($P = U \cdot i$).

Analisando o último objetivo, podemos perceber que este grupo realmente conseguiu entender que existe uma relação entre o fenômeno estudado e a matemática que o descreve, pois eles explicitaram a comprovação deste fato como objetivo da atividade, mesmo sem serem orientados a fazer isso.

Em seguida os estudantes descreveram, baseados no roteiro, a montagem do experimento e a utilização do computador. Depois começaram a detalhar a forma como foram realizadas as medidas.

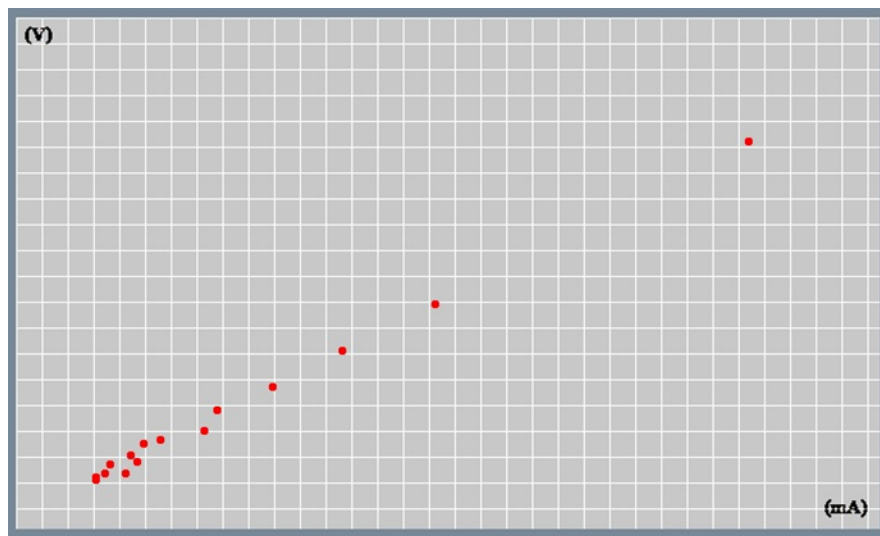
Na parte de resultados e discussões do relatório o grupo apresentou inicialmente a tabela com os valores medidos e calculados, e também os gráficos de tensão x corrente e potência x corrente para um resistor de filme de carbono de 820Ω (figuras 39, 40 e 41).

Figura 39 - Tabela com os valores de tensão, corrente, resistência e potência, analisados pelo GRUPO 1B.

	Tensão (V)	Corrente (mA)	Resistência (Ohm)	Potência (mW)
1.	0.34	0.46	739.13043	0.16
2.	0.37	0.46	804.34782	0.17
3.	0.40	0.52	769.23076	0.21
4.	0.40	0.65	615.38461	0.26
5.	0.49	0.55	890.90909	0.27
6.	0.52	0.72	722.22222	0.37
7.	0.58	0.68	852.94117	0.39
8.	0.69	0.76	907.89473	0.52
9.	0.73	0.86	848.83720	0.63
10.	0.82	1.14	719.29824	0.93
11.	1.02	1.22	836.06557	1.24
12.	1.25	1.56	801.28205	1.95
13.	1.60	1.99	804.02010	3.18
14.	2.05	2.57	797.66536	5.27
15.	3.65	4.51	809.31263	16.46

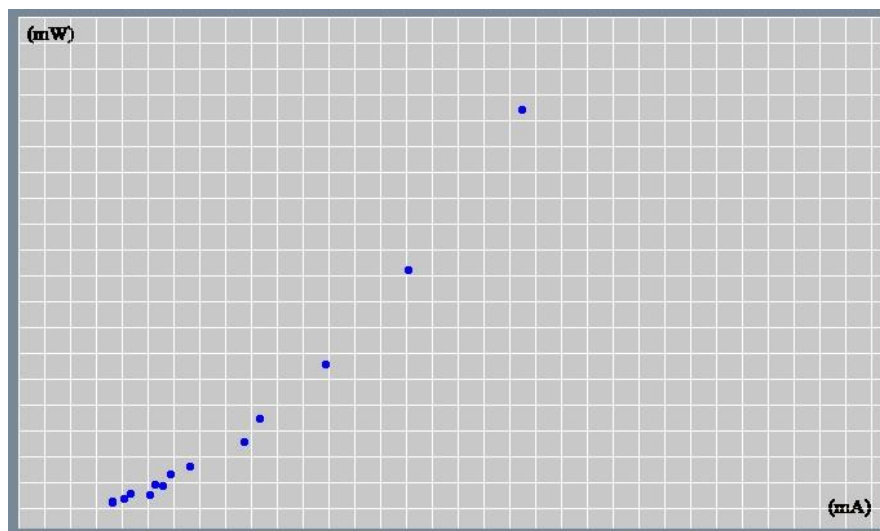
Fonte: Retirado do relatório do GRUPO 1B.

Figura 40 - Gráfico de tensão x corrente do GRUPO 1B.



Fonte: Retirado do relatório do GRUPO 1B.

Figura 41 - Gráfico de potência x corrente do GRUPO 1B.



Fonte: Retirado do relatório do GRUPO 1B.

O grupo escolheu três valores de resistência aleatoriamente e calculou a resistência média do resistor, encontrando assim o valor de 760Ω . Comparando esse valor ao valor indicado pelo fabricante através das cores do resistor, indicaram erroneamente no relatório que embora a diferença tenha sido de 60Ω (fora da faixa de tolerância indicada pelo fabricante que era de 5 % para mais ou para menos), o valor do resistor se encontrava dentro da faixa de erro estipulada pelo fabricante. Mas em seguida eles concluem, de forma correta, que a curva do

primeiro gráfico se aproxima de uma reta, e que a do segundo se aproxima de uma parábola. O GRUPO 1B não colocou em seu relatório a análise dos outros resistores.

Nas suas conclusões finais, o grupo afirma que:

O conhecimento acerca do comportamento de um objeto que trabalha com resistência elétrica possibilita a compreensão de como, na prática, leis da física agem em nosso cotidiano. Esse experimento foi, portanto, uma visão da dinâmica existente entre as medidas de “tensão”, “corrente” e “resistência elétrica” de materiais que são utilizados em nosso dia-a-dia (GRUPO 1B).

Pode-se notar que os alunos deste grupo atribuíram uma importância muito grande a esta atividade, no sentido de mostrar a relação entre teoria e prática, e a importância desta relação na compreensão dos fenômenos físicos.

b) *GRUPO 2B:*

O grupo iniciou seu relatório com uma introdução onde apresenta a seguinte definição e função da resistência: “Usamos a resistência elétrica para medir a passagem de corrente elétrica dos materiais. Neste processo a energia elétrica é liberada na forma de calor. Daí vem à função do resistor para dissipar energia elétrica”. Ao analisarmos esta afirmação podemos concluir que os alunos estão se referindo inicialmente a primeira lei de Ohm e em seguida se referem à lei de Joule. No trecho seguinte os alunos confundiram os conceitos de energia e diferença de potencial, quando afirmaram que “resistores em que a diferença de energia [...] aplicada, é proporcional a corrente elétrica, são chamados resistores ôhmicos”. O correto seria utilizar o termo diferença de potencial (ddp) ao invés de energia. Depois, os alunos inserem outro trecho confuso, onde parecem confundir os conceitos de resistência e corrente: “já a corrente é constante e chamada de resistência elétrica (R), embora nem todos os resistores se comportem desta maneira”.

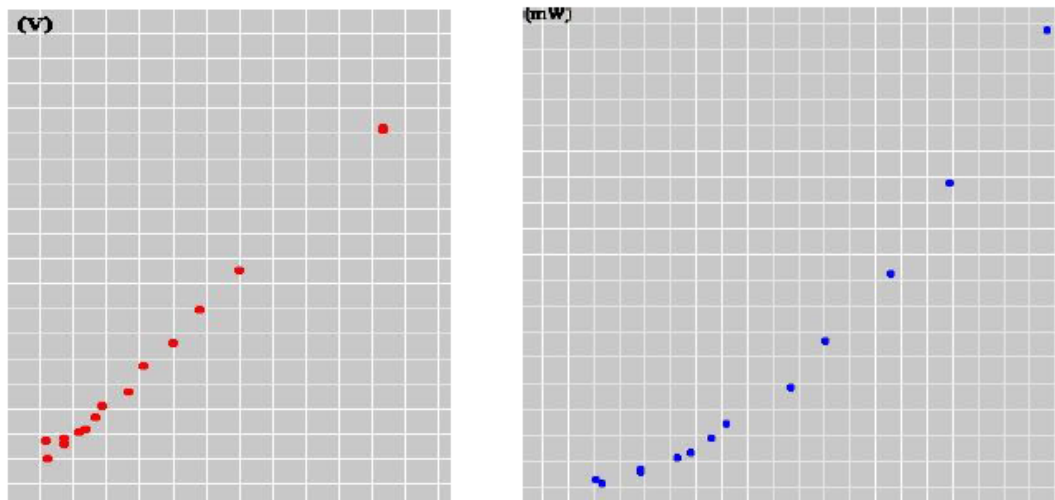
Nesta primeira parte, embora tenham realizado a experiência de maneira correta, o grupo demonstrou uma grande dificuldade no que diz respeito a verbalização dos conceitos de ddp, corrente e resistência. Sendo assim, foi possível verificar através do relatório que estes alunos não tinham um domínio adequado do conteúdo que estava sendo estudado.

Dando seguimento à introdução, os alunos apresentam a definição de potência elétrica, e no último parágrafo apresentam as definições do Arduino e do Visual Basic, embora tenham afirmado de maneira errada que “foi usada a linguagem do Visual Basic para programar o Arduino”, quando na realidade o *software* feito em Visual basic .Net tinha o objetivo de analisar os dados obtidos através do Arduino e permitir o manuseio de tais dados pelo seu operador.

De forma semelhante ao GRUPO 1B, o GRUPO 2B explicou como foi montado o experimento baseado no roteiro, como foram realizadas as 15 medidas e como foram analisados os dados daí retirados. Após a análise dos 15 valores da resistência de um resistor de filme de carbono de 820Ω , o grupo concluiu acertadamente que a média destes valores (que foi de 802Ω) estava dentro da tolerância estipulada pelo fabricante (5 %, ou 40Ω , para mais ou para menos).

Após realizarem as medidas e cálculos para um resistor de filme de carbono, os alunos conseguiram os seguintes gráficos:

Figura 42 - Gráficos de tensão x corrente (à esquerda) e potência x corrente (à direita) de um resistor de filme de carbono, obtidos pelo GRUPO 2B.

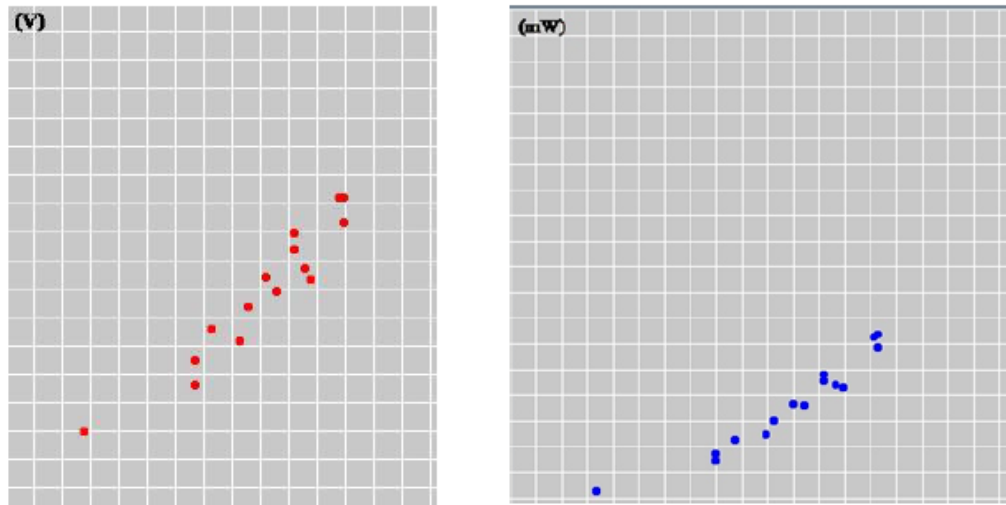


Fonte: Retirado do relatório do GRUPO 2B.

A partir da figura 42, o grupo concluiu que o gráfico de tensão x corrente apresenta uma relação linear, característica da lei da primeira lei de Ohm, e que o gráfico potência x corrente se trata de uma parábola. A partir destas características o grupo afirmou que este resistor se tratava de um resistor ôhmico.

Para o resistor de resina epóxi e lã de aço, os gráficos obtidos foram:

Figura 43 - Gráficos de tensão x corrente (à esquerda) e potência x corrente (à direita) de um resistor de resina epóxi e lã de aço, obtidos pelo GRUPO 2B.

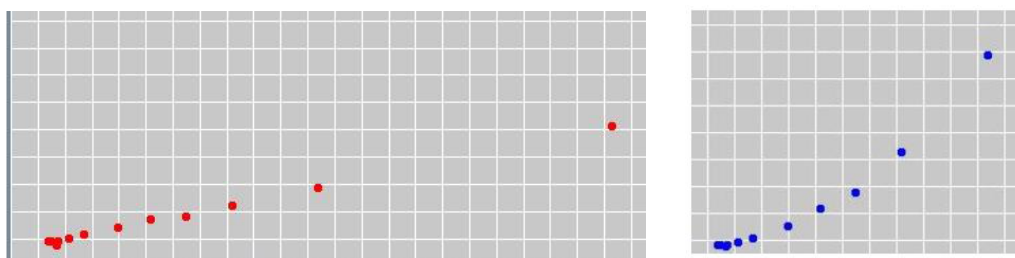


Fonte: Retirado do relatório do GRUPO 2B.

Ao analisar o gráfico à esquerda, segundo o grupo “podemos observar que esse gráfico parece ter uma reta, mas, está mais para ziguezague, com isso podemos afirmar que esse gráfico é de um resistor não-ôhmico”. E ao analisar o gráfico da direita o grupo comete um erro ao afirmar que se o resistor fosse ôhmico a curva deveria ser uma reta.

E, por fim, o grupo apresentou os resultados para o resistor de grafite:

Figura 44 - Gráficos de tensão x corrente (à esquerda) e potência x corrente (à direita) de um resistor de grafite, obtidos pelo GRUPO 2B.



Fonte: Retirado do relatório do GRUPO 2B.

Em relação ao gráfico à esquerda, o grupo afirmou que: “esse gráfico parece muito [...] linear e com isso podemos afirmar que esse gráfico é de um resistor ôhmico”. E em relação ao gráfico à direita: “esse gráfico não é linear ele expressa uma curva, ou seja, uma parábola, confirmando mais ainda que esse resistor (é) ôhmico”. Como o *software* só permite uma análise visual dos dados é difícil afirmar com certeza se o resistor é ou não ôhmico. Sendo assim, o

aprimoramento das técnicas para melhorar a análise dos dados poderá ser realizado em um trabalho futuro.

Segundo os dados obtidos através das medidas nos dois últimos resistores, é difícil afirmar com certeza se estes resistores são ou não ôhmicos, pois a maioria dos pontos obtidos ficou muito próximos um do outro (principalmente no caso do resistor de grafite), dificultando a visualização do comportamento do gráfico. É importante ressaltar também que os resultados de cada grupo foram diferentes, pois cada grupo usou resistores diferentes. No caso dos resistores de grafite eles possuíam tamanhos diferentes e foram retirados de lápis diferentes, e no caso dos resistores de resina epóxi e lã de aço, tanto a quantidade de resina como de lã variava de um resistor para outro.

O GRUPO 2B encerrou seu relatório com a seguinte conclusão: “esse experimento teve como base: ajudar os alunos a entender um pouco melhor sobre os resistores; para que servem e como funcionam, e podermos assim calcular as suas resistências assim descobrindo se eles são ou não resistores ôhmicos. Ou seja, serviu para aumentar o nosso aprendizado”. Podemos perceber que os alunos entenderam o objetivo principal da prática: fazer com que compreendessem a aplicação da teoria estudada em sala de aula na prática experimental.

c) *GRUPO 3B:*

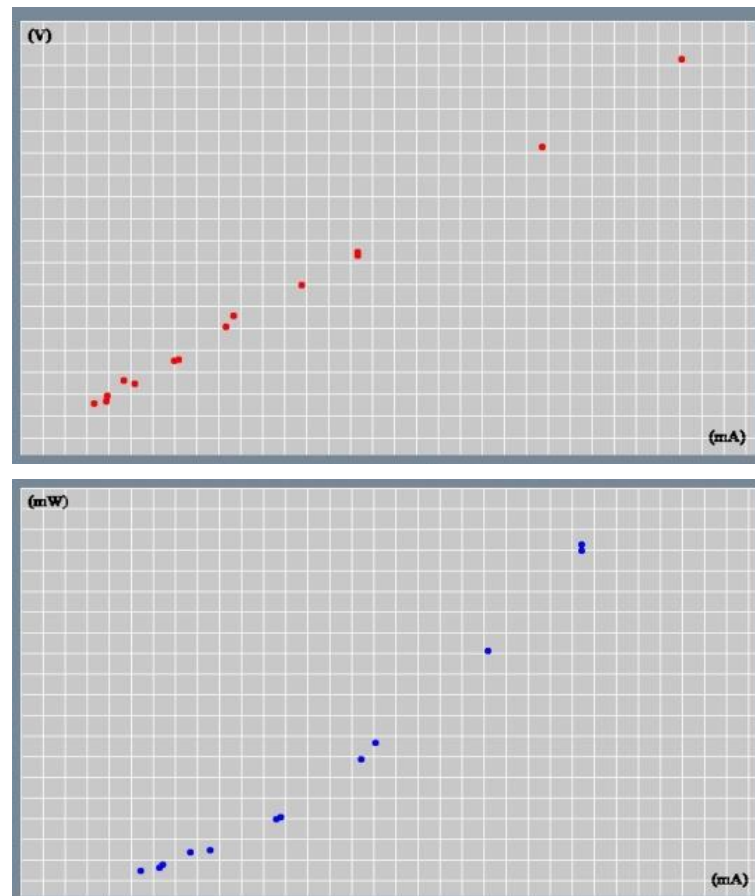
Este grupo iniciou seu relatório apresentando um resumo da atividade realizada, citando brevemente o local onde foi realizada a prática, os instrumentos utilizados e o objetivo da prática. Na sua introdução, os alunos definem as diferenças entre materiais isolantes e condutores: “os condutores têm a capacidade de conduzir corrente elétrica, sendo que cada um tem maior ou menor capacidade, já os isolantes opõem-se a passagem de cargas elétricas”. Embora esta afirmação não esteja totalmente correta, uma vez que materiais isolantes podem se tornar condutores dependendo da ddp sobre a qual estão colocados, podemos dizer que ela já demonstra que o grupo já apresenta uma ideia correta sobre o conceito de resistência elétrica. O que fica claro quando posteriormente o grupo afirma que “os resistores são condutores que convertem a energia elétrica em térmica e apresenta resistência à passagem de corrente elétrica”.

Ainda na introdução, existe um comentário acerca da relação entre tensão e corrente em determinados materiais (hoje conhecidos como resistores ôhmicos), descoberta por George Simon Ohm. Tal relação, como é explicada no relatório, se trata da primeira lei de Ohm.

Na parte intitulada “Procedimentos e resultados”, o grupo explica os procedimentos realizados e como é possível, a partir da análise gráfica, determinar se o resistor obedece ou não a lei de Ohm analisando se sua curva é ou não linear. Realizando o procedimento das 15 medidas, inicialmente para um resistor de filme de carbono de 560Ω , e calculando a média das resistências o valor obtido foi de 541Ω , que se encontra dentro da faixa de tolerância de 5 % estipulada pelo fabricante.

Os gráficos para o resistor de filme de carbono, obtidos pelo grupo podem ser vistos na figura 45. Segundo os alunos, o gráfico de tensão x corrente tem um comportamento linear, o que caracterizaria o resistor como ôhmico.

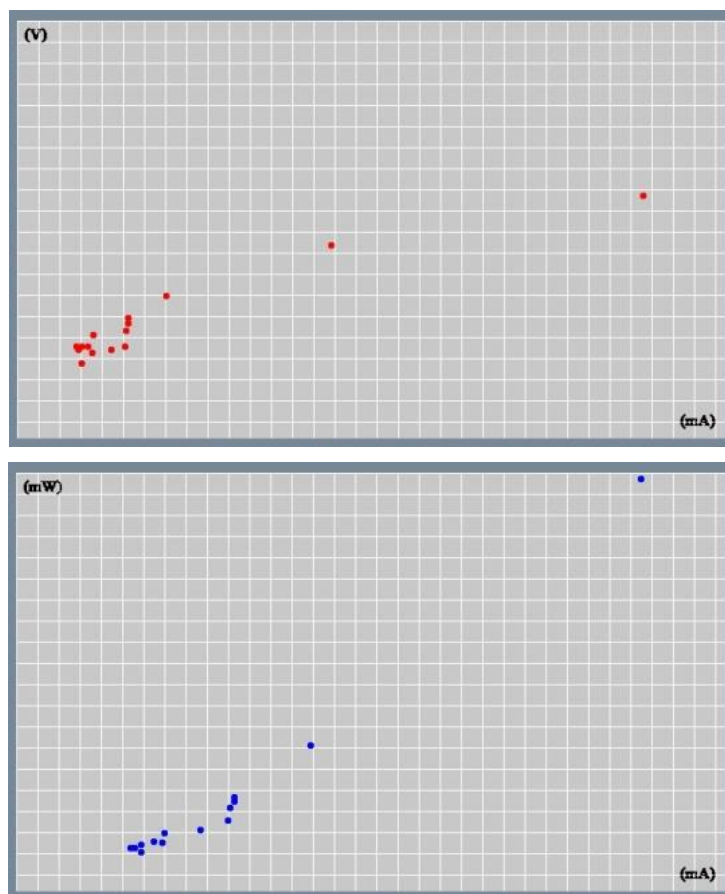
Figura 45 - Gráficos de tensão x corrente (acima) e potência x corrente (abaixo) de um resistor de filme de carbono, obtidos pelo GRUPO 3B.



Fonte: Retirado do relatório do GRUPO 3B.

Para o resistor de epóxi e lã de aço, os gráficos obtidos podem ser vistos na figura 46. Segundo o grupo, para este resistor a curva obtida para o gráfico de tensão x corrente não é linear, logo o resistor não deve ser ôhmico. Quanto ao gráfico de potência x corrente o grupo não fez nenhum comentário.

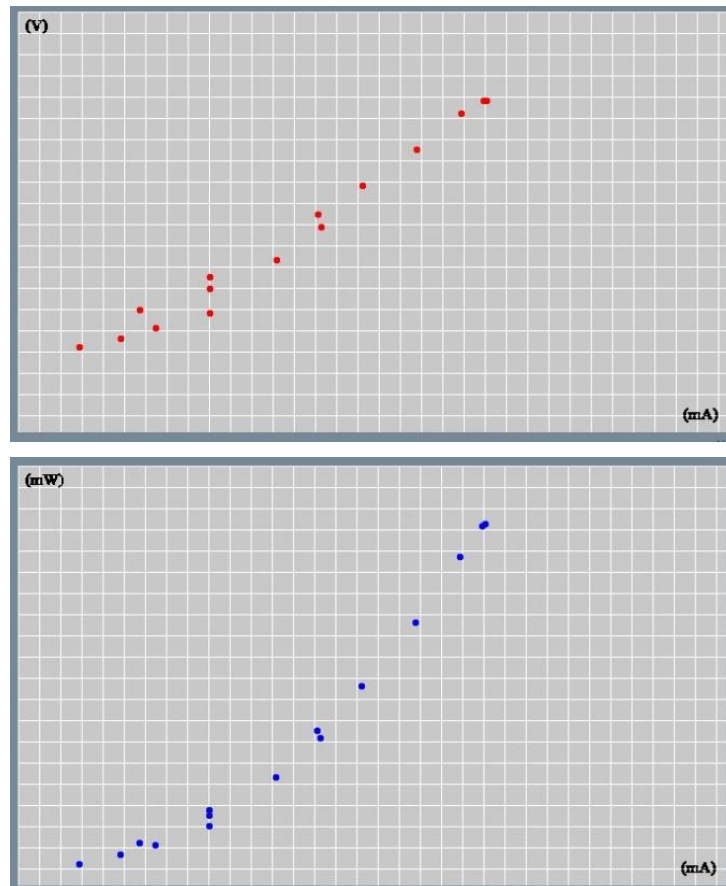
Figura 46 - Gráficos de tensão x corrente (acima) e potência x corrente (abaixo) de um resistor de resina epóxi e lâ de aço obtidos pelo GRUPO 3B.



Fonte: Retirado do relatório do GRUPO 3B.

Para o resistor de grafite, os gráficos obtidos podem ser vistos na figura 47. Segundo o grupo, para este resistor a curva obtida para o gráfico de tensão x corrente é “aparentemente linear”, logo o resistor deve ser ôhmico.

Figura 47 - Gráficos de tensão x corrente (acima) e potência x corrente (abaixo) de um resistor de grafite obtidos pelo GRUPO 3.



Fonte: Retirado do relatório do GRUPO 3.

O grupo apresentou em suas considerações finais um resumo dos resultados obtidos e uma análise conclusiva dos mesmos:

Ao realizarmos o experimento comprovou-se que o resistor convencional de filme de carbono teve o resultado esperado, assim como o resistor produzido com grafite, esses apresentaram gráficos lineares, ou seja, são condutores ôhmicos. Porém, o gráfico de cola epóxi com palha de aço não apresentou a tensão proporcional a corrente, ou seja, apresentou uma curva não linear, assim não se caracterizando como ôhmico. Desse modo, percebemos na prática que realmente nem todos os materiais condutores possuem uma proporcionalidade entre tensão e corrente (GRUPO 3).

É interessante notar que o grupo demonstrou entender bem a relação entre a matemática da teoria (forma dos gráficos) e os resultados práticos. Além disso, também perceberam que nem todos os materiais, mesmo sendo condutores, apresentam uma relação fixa entre tensão e corrente, ou seja, nem todos os resistores têm suas resistências fixas ou independentes da corrente que os atravessa.

As aplicações desenvolvidas se mostraram relevantes para mostrar como é importante buscar formas alternativas de ensinar física, pois por mais que os alunos sejam capazes de responder questões e entender conceitos durante a aula normal, é imprescindível que isto seja aplicado na prática, para não permitir que o ensino de física seja vazio, limitado apenas à lousa e ao caderno do aluno. A atividade realizada mostrou que é necessário um ensino voltado para a aplicação dos conceitos de forma prática e que quanto mais relacionada com ferramentas a que os estudantes estejam familiarizados, melhor o resultado desta prática no que diz respeito ao aprendizado, interesse e participação dos alunos. Assim, o computador (ou mesmo outra ferramenta que não seja familiar ao aluno, como é o caso do Arduino, mas é relevante no contexto socioeconômico e tecnológico dos envolvidos no processo de ensino e aprendizagem) pode ter um impacto positivo no processo de ensino e aprendizagem.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação apresentou o produto educacional produzido no decorrer deste trabalho e mostrou como se deu sua aplicação em sala de aula. Além disso, também analisamos o impacto que este produto causou no processo de aprendizagem dos alunos participantes da prática realizada, discutimos como ele pode auxiliar o professor no processo de avaliação diagnóstica dos alunos e como este tipo de atividade pode aumentar o interesse dos estudantes no que diz respeito ao estudo da física, e analisamos a importância da experimentação no ensino de física com base na teoria sociocultural de Vygotsky.

O produto educacional desenvolvido baseia-se no importante papel desenvolvido pelas tecnologias no ensino. Sendo assim, utilizando o computador, o Arduino – uma plataforma de prototipagem de eletrônicos baseada em um microcontrolador da Atmel –, o *software* Visual Basic .Net versão Express 2010 e alguns componentes eletrônicos, foram construídos dois experimentos voltados ao estudo da eletricidade. O primeiro experimento consiste em um eletroscópio eletrônico que permite o estudo de diversos fenômenos associados a corpos eletrizados. O segundo experimento possibilita o estudo de resistores de vários tipos, podendo-se determinar se são resistores ôhmicos ou não-ôhmicos. Também fazem parte do produto educacional dois roteiros, um para cada experimento, que apresentam sugestões de como utilizar seu respectivo experimento em sala de aula. Nos apêndices desta dissertação podem ser encontradas os códigos dos programas desenvolvidos na IDE do Arduino e no Visual Basic .Net, bem como os roteiros acima citados.

Os produtos educacionais desenvolvidos foram aplicados em duas turmas do terceiro ano do ensino médio integrado do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano – *campus* Salgueiro. A prática realizada, e que foi apresentada neste texto, apontou diversos aspectos da aprendizagem dos alunos que participaram da atividade. Baseado na bibliografia apresentada, discutimos a baixa eficácia do uso de práticas pedagógicas alicerçadas apenas em moldes teóricos e tradicionais, que na maioria das vezes não leva em consideração os conhecimentos prévios dos alunos e suas interações com o meio no qual estão inseridos. Apresentamos neste trabalho a experimentação como uma alternativa ao ensino tradicional e engessado da física. Se utilizado de maneira correta, levando em consideração os aspectos sociais, culturais e econômicos dos alunos e da escola, o experimento pode despertar a curiosidade e instigar a capacidade crítica e analítica dos alunos.

Analisamos o importante papel que as tecnologias desempenham na vida em sociedade, seja através das redes sociais ou do desenvolvimento de máquinas que nos permitem otimizar

o trabalho diário. Diante desta realidade, o professor e a escola não podem permitir que algo tão importante deixe de fazer parte do contexto escolar. Por isso, nesta dissertação, discutimos a evolução da experimentação no ensino de física e da tecnologia de modo geral, e como estas duas ferramentas podem funcionar juntas na sala de aula, mais especificamente no ensino de física.

Este trabalho também demonstrou a eficácia das práticas realizadas, no que diz respeito à aprendizagem e motivação dos alunos envolvidos. Para tanto, optamos por realizar uma análise do comportamento dos alunos durante a realização da atividade proposta, levantando informações a respeito de vários aspectos como: a motivação e o interesse ao realizar o experimento, a maneira como manuseavam os experimentos, os questionamentos e dúvidas apresentados, as discussões em grupo e com o professor, as conclusões a que cada grupo chegou para explicar determinado fenômeno e o domínio prático e teórico que os alunos tinham do conteúdo estudado. Em nível de comparação, também analisamos os relatórios produzidos após as práticas para estabelecer um paralelo entre as discussões e respostas obtidas no instante da prática e após a mesma. Preocupamo-nos, assim, com aspectos de difícil quantificação, como o interesse dos estudantes pela prática realizada e como eles conseguiam ou não realizar as ligações entre prática e teoria. Portanto, esta não se trata de uma pesquisa quantitativa, até porque o número de indivíduos analisados – 19 alunos de uma turma (SALA A) e 11 alunos da outra turma (SALA B) –, segundo nossa opinião, não nos daria um resultado estatístico confiável.

Pudemos perceber que grande parte dos grupos apresentaram discussões e respostas diferentes nos dois momentos da nossa análise: na atividade prática e no relatório. Enquanto durante a prática a maioria dos estudantes, com o auxílio do professor, obteve êxito em relacionar os conteúdos teóricos aprendidos anteriormente com os experimentos, nos relatórios existiram muitos erros conceituais que não foram apresentados na prática. Este fato é importante para ilustrar um exemplo da *zona proximal* de Vygotsky, pois fica evidente a diferença entre o que o aluno consegue realizar com a ajuda do professor e o que consegue realizar sozinho. Além disso, a prática experimental leva muito em consideração o que Vygotsky chama de *conhecimento espontâneo* dos alunos, enquanto no relatório, que exige mais termos técnicos e conceitos exatos, cabe apenas o *conhecimento científico*. Daí também a distinção entre os resultados apresentados pelos estudantes nas duas etapas.

Neste sentido, considerar apenas os relatórios dos alunos como forma de avaliação é uma forma de avaliar ineficiente, pois não considera os conhecimentos prévios trazidos pelos mesmos. Assim, é necessária a presença do professor durante toda a experimentação,

interferindo de forma pontual e observando o desempenho dos estudantes e fazendo questionamentos que os levem a repensar os conteúdos estudados de forma prática. Somente através da análise realizada durante a atividade é que se torna possível ao professor apontar conceitos errados construídos pelos alunos, conceitos estes que talvez não pudessem ser analisados através de outro tipo de avaliação, como uma prova escrita, por exemplo. Da mesma forma, a avaliação instantânea realizada pelo docente não pode ser utilizada como única forma de avaliação. Pois ficou claro que para ter certeza do domínio técnico do conteúdo pelos estudantes foi necessário comparar seus relatórios com as discussões realizadas durante a atividade prática.

Embora consideremos que o produto educacional tenha correspondido à nossas expectativas, também consideramos que o mesmo necessita de alguns ajustes e não é, de maneira alguma, uma ferramenta já finalizada. Dentre as melhorias que pretendemos inserir no produto posteriormente podemos destacar: um melhor acabamento dos itens físicos que compõem o produto; adicionar valores aos eixos das *abcissas* e *ordenadas* e adicionar uma maneira de fazer um ajuste das curvas nos *softwares*. Além disso, o produto proposto tem a limitação de funcionar apenas em aparelhos com sistema operacional *Windows* (*Seven* ou superior), portanto, pretendemos também abranger outros sistemas operacionais, como o *Android*, por exemplo.

Consideramos que este trabalho traz importantes contribuições para o ensino de física, por propor uma atividade que tem como principal objetivo motivar os estudantes a aprender física através de realizações de experimentos, utilizando para isso importantes ferramentas tecnológicas que possibilitaram a captura mais precisa de dados. Assim este trabalho propõe atividades práticas que podem ser reproduzidas por professores de escolas públicas e privadas, e podem ser utilizadas como forma de estímulo, aprendizagem e avaliação diagnóstica para o ensino de física.

Por fim, todas as etapas deste projeto – desde a criação dos experimentos utilizados, que exigiram um pouco de aprofundamento no estudo de eletrônica, passando pelo desenvolvimento dos *softwares*, para os quais também foi necessário um maior estudo de programação, até a aplicação do projeto –, foram realizadas com êxito e permitiram, a aluno e professor, um enriquecimento pessoal e profissional.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, C. E. e LAUDARES, F. Aquisição de Dados com Logo e porta de Jogos do PC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v.23; n.4; p. 371-380, 2001.

ALMEIDA, N. A. (Cord.) et al. **Tecnologia na Escola: Abordagem Pedagógica e Abordagem Técnica**. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

ASIMOV, I. **Cronologia das ciências e das descobertas**. Trad. Ana Zelma Campos. 3ºd. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2008.

BARBOSA, A. F. **Eletrônica Analógica essencial para instrumentação científica** (Coleção Tópicos em Física). Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2010.

BEZERRA Jr., A. G. et al. TECNOLOGIAS LIVRES E ENSINO DE FÍSICA: UMA EXPERIÊNCIA NA UTFPR. In: XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2009, Vitória. **Anais eletrônicos...** São Paulo: USP, 2009. Disponível em: <http://www.cienciamao.usp.br/dados/snef/_tecnologiaslivreseensino.trabalho.pdf>. Acesso em 04 abr. 2016.

BEZERRA, D. P; GOMES, E. C. S.; MELO, E. S. N.; SOUZA, T.C. A evolução do ensino da Física: perspectiva docente, **Scientia Plena**, v. 5, n. 9, 2009.

CAMPUS PARTY, n. d. CPBR5 - Arduino. Materializando seus programas [vídeo]. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=_XM16RoCpPI>. Acesso em: 12 abr. 2016.

CANALTECH, n. d. O que é open source? Disponível em:<<http://canaltech.com.br/o-que-e/o-que-e/O-que-e-open-source/>>. Acesso em 01 jun. 2016.

CARVALHO, A. M. P. de; RICARDO, E. C.; et al. **Coleção Idéias em Ação: Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

CAVALCANTE, M. A. e TAVOLARO, C. R. C. Projete você mesmo experimentos assistidos por computador: construindo sensores e analisando dados. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 22, p. 421-425, 2000.

CAVALCANTE, M. A., TAVOLARO, C. R. C. e MOLISANI, E. Física com Arduino para iniciantes. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 4, 4503 (2011). Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/indice1.php?vol=33&num=4>>. Acesso em: 10 abr. 2016.

CAVALCANTE, M. M.; SILVA, J. L. de S.; et al. A Plataforma Arduino para fins didáticos: Estudo de caso com recolhimento de dados a partir do PLX-DAQ. **XXXIV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação**, 2014. Disponível em: <<http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/wei/2014/0037.pdf>>. Acesso em 10 abr. 2014.

Datasheet DHT-11. n. d. In: Filipeflop. Disponível em: <http://img.filipeflop.com/files/download/Datasheet_DHT11.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2016.

DEITEL, P; DEITEL, H e DEITEL, A. **Visual Basic 2010 - Simplesmente - Uma abordagem “App-Driven”**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda., 2013, 4 ed.

EMBARCADOS. Arduino O Documentário (2010) Português Brasil HD [vídeo]. Disponível em: <<http://www.embarcados.com.br/documentario-sobre-arduino/>>. Acesso em: 10 abr. 2016.

ERICKSON, F. **Qualitative methods in research on teaching**. In: M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching*. New York: Macmillan, 1986, 3rd ed., pp. 119–161.

EVANS, M.; NOBLE, J.; HOCHENBAUM, J. **Arduino em Ação**. São Paulo: Novatec, 2013.
FERNANDES, S. G. P. Algumas considerações sobre o ensino de Física no Brasil e seus reflexos na formação de professores. *Revista Mimesis*. Bauru, SP. 1997 Vol. 18 nº 1.

FIGUEIRA, J. S. **Atividades de Aquisição de Dados no Laboratório de Física em Cursos de Tecnologia**. 2005. 182 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) — Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2005.

FILHO, G. F. **Experimentos de baixo custo para o ensino de Física em Nível Médio usando a placa Arduino-UNO**. 2015. 207 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) — Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2015.

FIRESTONE, W. A. **Meaning in method: the rhetoric of quantitative and qualitative research**. *Educational Researcher*, 1987, pp. 16-21.

FONSECA, E. **Desenvolvimento de Software**. Rio de Janeiro: SESES, 2015.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

GASPAR, A. **Atividades experimentais no ensino de Física: Uma nova visão baseada na teoria de Vigotski**. São Paulo: Livraria da Física, 2014.

GASPAR, Alberto; MONTEIRO, Isabel Cristina de Castro. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. **Investigações em Ensino de Ciências-** V10(2), pp. 227-254, 2005.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (Org.) **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar**. Rio de Janeiro: Record, 1997.

GOMES, D. A. T. **Software livre na educação**. 2009. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Tecnologia Educacional) — Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo. 2009.

HAAG, R.; ARAUJO, I. V. e VEIT, E. A. Por que e como introduzir a aquisição automática de dados no laboratório didático de Física? **Física na Escola**, v. 6, n. 1, p. 69-74, 2005.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. e WALKER, J. **Fundamentos de Física**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S/A, 2010, v. 3., 8 ed.

MACHADO, K. D. **Eletromagnetismo Volume 1**. Ponta Grossa: Toda palavra editora, 2012.

LURIA, A. R. **Conciencia y lenguaje**. 2ª edição, Madrid, tradução para o castelhano de Marta Shuare, Visor Libros, 1984.

MACHADO, K. D. **Eletromagnetismo Volume 1**. Ponta Grossa: Toda palavra editora, 2012.

MARTINAZZO, C. A.; TRENTIN, D. S.; et al. ARDUINO: UMA TECNOLOGIA NO ENSINO DE FÍSICA. **Perspectiva**, Erechim, v. 38, n.143, p. 21-30, set. 2014. Disponível em: <http://www.uricer.edu.br/site/pdfs/perspectiva/143_430.pdf>. Acesso em 10 abr. 2016.

MCROBERTS, M. **Arduino Básico**. São Paulo: Novatec, 2011.

MOREIRA, M. A. Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectiva. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. São Paulo, v. 22, n. 1, p. 94-99, mar. 2000.

MOREIRA, M. A. **Metodologias de pesquisa em ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

NEWTON C. BRAGA, 2014a. Como funcionam os Conversores A/D - PARTE 1 (ART224). Disponível em: <<http://www.newtonbraga.com.br/index.php/como-funciona/1508-conversores-ad>>. Acesso em: 05 jun. 2016.

NEWTON C. BRAGA, 2014b. BF245A - B - C (IP332). Disponível em: <<http://www.newtonbraga.com.br/index.php/ideias-dicas-e-informacoes-uteis/51-scr-triac/3243-ip332>>. Acesso em: 20 fev. 2017.

OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky: Aprendendo e desenvolvimento: um processo sócio-histórico**. São Paulo: Scipione, 2010.

PEDROSO, C. V. Uma década de pesquisa sobre atividades experimentais na educação em ciências: memórias e realidade, **XI Congresso Nacional de Educação – EDUCERE**, 2009.

PERRY, G. **Aprenda em 21 dias Visual Basic 6**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1999.

PEZZI, R. Tecnologias livres: Arduino. **Programa Fronteiras da Ciência**, da rádio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), projeto do Instituto de Física da UFRGS. Porto Alegre: 5 nov. 2012. Entrevista concedida à Marco A. P. Idiart. Disponível em: <http://multimedia.ufrgs.br/conteudo/frontdaciencia/Fronteiras_da_Ciencia-T03E36-Arduino-05.11.2012.mp3>. Acesso em: 5 abr. 2016.

REZENDE, S. M. **Materiais e dispositivos eletrônicos**. São Paulo: Editora Livraria da Física, ed. 4, 2015.

ROCHA, F. S. da; GUADAGNINI, P. H.; Projeto de um sensor de pressão manométrica para ensino de física em tempo real. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, p. 124-148, abr. 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2014v31n1p124>>. Acesso em: 10 abr. 2016.

RODRIGUES, R. F.; CUNHA, S. L. S. **Arduino para físicos: uma ferramenta prática para aquisição de dados automáticos**. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2014.

ROSA, Cleci T. Werner da; ROSA, Álvaro Becker da Rosa. O ensino de ciências (Física) no Brasil: da história às novas orientações educacionais. **Revista Ibero Americana de Educación**, v. 58, n. 2, 2012b.

SCHROEDER, E. Conceitos espontâneos e conceitos científicos: o processo da construção conceitual em Vygotsky. **ATOS DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO – PPGE/ME FURB** ISSN 1809– 0354 v. 2, nº 2, p. 293-318, maio/ago. 2007.

SILVA, I. K. O.; MORAIS, M. J. O. e FARIA, D. S. A. O ensino de física e sua instrumentalização por meio dos computadores: historicidade e perspectivas futuras. **Revista HOLOS**. Natal, 2015, Ano 31, Vol. 1.

SOUZA, A. R.; PAIXÃO, A. C.; et al. A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, 2011. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/331702.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2016.

TECHTUDO (2015, 04 abr.). Visual Studio. Disponível em: <<http://www.techtudo.com.br/tudo-sobre/visual-studio.html>>. Acesso em: 10 set. 2016.

UNESCO. Declaração REA DE PARIS EM 2012. Paris, mar. 2012. Disponível em: <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/CI/WPFD2009/Portuguese_Declaration.html>. Acesso em: 9 abr. 2016. Documento do CONGRESSO MUNDIAL SOBRE RECURSOS EDUCACIONAIS ABERTOS (REA) realizado em Paris.

VYGOTSKY, L.S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Editora Martins Fontes, 2001.

XAVIER, D. D. **Software livre na educação**. 2011. 44 f. Monografia (Especialização em Informática na Educação) — Instituto de Computação, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá. 2011.

WALKER, J. **O circo voador da física**. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

APÊNDICE A - PROGRAMAS*ELETROSCÓPIO (ARDUINO)*

```
/**ELETROSCOPIO**/  
  
#include <DHT.h>  
  
#define DHTPIN A1  
#define DHTTYPE DHT11  
  
#define analogPin 0  
#define tensaoPin 13  
  
const int LDR = 0;  
int luminosidade = 0;  
  
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);  
  
void setup()  
{  
  pinMode(tensaoPin, OUTPUT);  
  digitalWrite(tensaoPin, LOW);  
  
  Serial.begin(9600);  
  dht.begin();  
}  
  
void loop()  
{  
  digitalWrite(tensaoPin, HIGH);  
  
  float h = dht.readHumidity();  
  float t = dht.readTemperature();  
  
  luminosidade = analogRead(LDR);  
  
  if (isnan(t) || isnan(h))  
  {  
    Serial.println("Failed to read from DHT");  
  }  
  else  
  {  
    Serial.print(h);  
    Serial.print(", ");  
    Serial.print(t);  
    Serial.print(", ");  
    Serial.print(luminosidade*0.09765625*5);  
    Serial.println(", ");  
  
    delay(100);  
  }  
}
```

PRIMEIRA LEI DE OHM (ARDUINO)

```

/**PRIMEIRA_LEI_DE_OHM*/

int pin0 = 0;
int pin1 = 1;

float tensao;
float corrente;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  char aux=Serial.read();

  if (aux=='1')
  {
    corrente=(analogRead(A0)-analogRead(A1))*4.8828/300;
    tensao = (analogRead(A1)*0.0048828);
    Serial.print(tensao);
    Serial.print(" ");
    Serial.print(",");
    Serial.print(corrente);
    Serial.println(" ");

    delay(100);
  }

  if (aux=='2')
  {
    corrente=(analogRead(A0)-analogRead(A1))*4.8828/300;
    tensao = (analogRead(A1)*0.0048828);
    Serial.print(tensao);
    Serial.print(" ");
    Serial.print(",");
    Serial.print(corrente);
    Serial.println(" ");
    delay(100);
  }

  if (aux=='3')
  {
    corrente=(analogRead(A0)-analogRead(A1))*4.8828/300;
    tensao = (analogRead(A1)*0.0048828);
    Serial.print(tensao);
    Serial.print(" ");
    Serial.print(",");
    Serial.print(corrente);
    Serial.println(" ");
    delay(100);
  }

  if (aux=='4')

```

```
{
corrente=(analogRead(A0)-analogRead(A1))*4.8828/300;
tensao = (analogRead(A1)*0.0048828);
Serial.print(tensao);
Serial.print(" ");
Serial.print(",");
Serial.print(corrente);
Serial.println(" ");
delay(100);
}

if (aux=='5')
{
corrente=(analogRead(A0)-analogRead(A1))*4.8828/300;
tensao = (analogRead(A1)*0.0048828);
Serial.print(tensao);
Serial.print(" ");
Serial.print(",");
Serial.print(corrente);
Serial.println(" ");
delay(100);
}

if (aux=='6')
{
corrente=(analogRead(A0)-analogRead(A1))*4.8828/300;
tensao = (analogRead(A1)*0.0048828);
Serial.print(tensao);
Serial.print(" ");
Serial.print(",");
Serial.print(corrente);
Serial.println(" ");
delay(100);
}

if (aux=='7')
{
corrente=(analogRead(A0)-analogRead(A1))*4.8828/300;
tensao = (analogRead(A1)*0.0048828);
Serial.print(tensao);
Serial.print(" ");
Serial.print(",");
Serial.print(corrente);
Serial.println(" ");
delay(100);
}

if (aux=='8')
{
corrente=(analogRead(A0)-analogRead(A1))*4.8828/300;
tensao = (analogRead(A1)*0.0048828);
Serial.print(tensao);
Serial.print(" ");
Serial.print(",");
Serial.print(corrente);
Serial.println(" ");
delay(100);
}
```

```
}

if (aux=='9')
{
corrente=(analogRead(A0)-analogRead(A1))*4.8828/300;
tensao = (analogRead(A1)*0.0048828);
Serial.print(tensao);
Serial.print(" ");
Serial.print(",");
Serial.print(corrente);
Serial.println(" ");
delay(100);
}

if (aux=='a')
{
corrente=(analogRead(A0)-analogRead(A1))*4.8828/300;
tensao = (analogRead(A1)*0.0048828);
Serial.print(tensao);
Serial.print(" ");
Serial.print(",");
Serial.print(corrente);
Serial.println(" ");
delay(100);
}

if (aux=='b')
{
corrente=(analogRead(A0)-analogRead(A1))*4.8828/300;
tensao = (analogRead(A1)*0.0048828);
Serial.print(tensao);
Serial.print(" ");
Serial.print(",");
Serial.print(corrente);
Serial.println(" ");
delay(100);
}

if (aux=='c')
{
corrente=(analogRead(A0)-analogRead(A1))*4.8828/300;
tensao = (analogRead(A1)*0.0048828);
Serial.print(tensao);
Serial.print(" ");
Serial.print(",");
Serial.print(corrente);
Serial.println(" ");
delay(100);
}

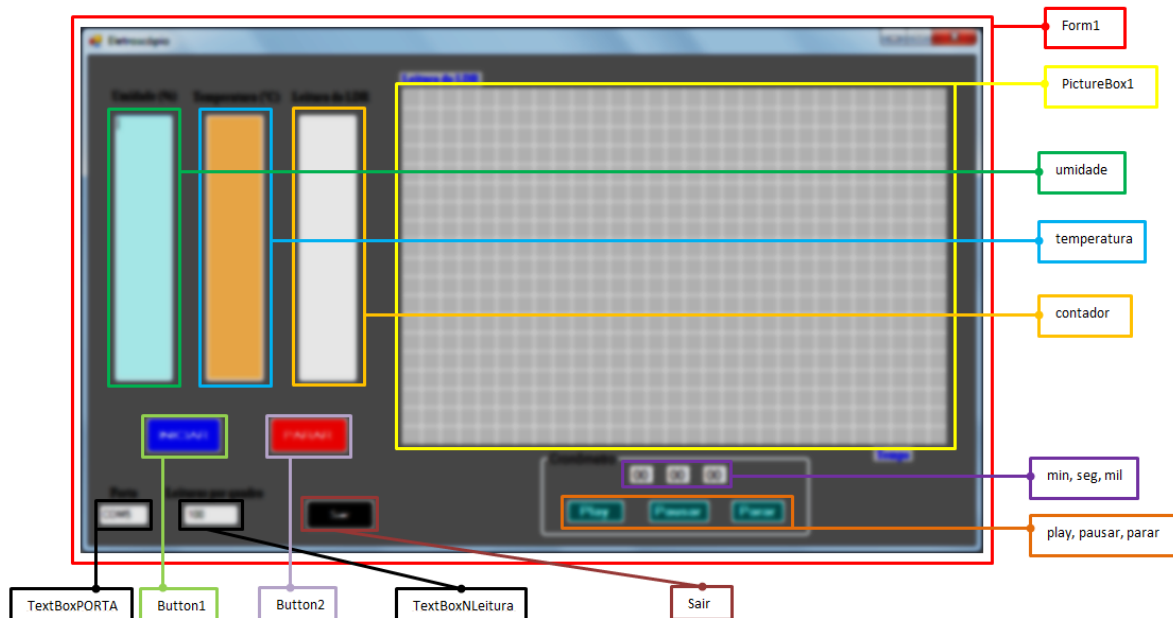
if (aux=='d')
{
corrente=(analogRead(A0)-analogRead(A1))*4.8828/300;
tensao = (analogRead(A1)*0.0048828);
Serial.print(tensao);
Serial.print(" ");
Serial.print(",");
```

```
Serial.print(corrente);
Serial.println(" ");
delay(100);
}

if (aux=='e')
{
corrente=(analogRead(A0)-analogRead(A1))*4.8828/300;
tensao = (analogRead(A1)*0.0048828);
Serial.print(tensao);
Serial.print(" ");
Serial.print(",");
Serial.print(corrente);
Serial.println(" ");
delay(100);
}

if (aux=='f')
{
corrente=(analogRead(A0)-analogRead(A1))*4.8828/300;
tensao = (analogRead(A1)*0.0048828);
Serial.print(tensao);
Serial.print(" ");
Serial.print(",");
Serial.print(corrente);
Serial.println(" ");
delay(100);
}
}
```

ELETROSCÓPIO (VISUAL BASIC .NET 2010)



Public Class Form1

```

Dim LEITURA As String
Dim BM As Bitmap
Dim DESENHO As Graphics
Dim LAPIS As Pen
Dim MIX As Integer
Dim ESCALA As Double
Dim MIY As Integer
Dim x1, y1, x2, y2 As Integer

```

```

Private Sub PictureBox1_Paint(ByVal sender As Object, ByVal e _
As System.Windows.Forms.PaintEventArgs) Handles PictureBox1.Paint

```

```

    For x = 0 To PictureBox1.Width Step 20
        e.Graphics.DrawLine(Pens.White, x, 0, x, PictureBox1.Height)
        If x > PictureBox1.Width Then
            Exit For
        End If
    Next

```

```

    For y = 0 To PictureBox1.Height Step 20
        e.Graphics.DrawLine(Pens.White, 0, y, PictureBox1.Width, y)
        If y > PictureBox1.Height Then
            Exit For
        End If
    Next

```

```

End Sub

```



```
Private Sub Button1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
Button1.Click
```

```
    umidade.Clear()
    temperatura.Clear()
    contador.Clear()
```

```
    Timer1.Enabled = True
    Timer1.Interval = 200
    Timer1.Start()
```

```
Try
```

```
    SerialPort1.Close()
    SerialPort1.PortName = TextBoxPORTA.Text
    SerialPort1.Open()
```

```
    ESCALA = (PictureBox1.Height)
    BM = New Bitmap(PictureBox1.Width, PictureBox1.Height)
    DESENHO = Graphics.FromImage(BM)
    LAPIS = New Pen(Brushes.Lime, 1)
```

```
Catch ex As Exception
```

```
End Try
```

```
End Sub
```

```
Private Sub SerialPort1_DataReceived(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.IO.Ports.SerialDataReceivedEventArgs) Handles SerialPort1.DataReceived
```

```
Try
```

```
    Dim DADO As String = SerialPort1.ReadLine
    LEITURA = DADO
```

```
Catch ex As Exception
```

```
    MsgBox(ex.Message)
```

```
End Try
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Tick(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
Timer1.Tick
```

```
    Dim MIY = Val(LEITURA.Split(",")(2) & vbCrLf) - 100
    MIX += CInt((PictureBox1.Width - 10) / TextBoxNLeitura.Text)
```

```
    Dim myBrush As New System.Drawing.SolidBrush(System.Drawing.Color.Red)
```

```
If SerialPort1.PortName = TextBoxPORTA.Text Then
```

```
Try
```

```
    umidade.AppendText(LEITURA.Split(",")(0) & vbCrLf)
    temperatura.AppendText(LEITURA.Split(",")(1) & vbCrLf)
    contador.AppendText(LEITURA.Split(",")(2) & vbCrLf)
```

```
    DESENHO.FillEllipse(myBrush, New Rectangle(MIX, 0 - (MIY / 1.009) + PictureBox1.Height - 15,
10, 10))
```

```

'DESENHO:
DESENHO.DrawImage(BM, 0, 0, PictureBox1.Width, PictureBox1.Height)
PictureBox1.Image = BM
If MIX > PictureBox1.Width - 10 Then
    BM = New Bitmap(PictureBox1.Width, PictureBox1.Height)
    DESENHO = Graphics.FromImage(BM)
    MIX = 0
End If
Catch ex As Exception
    MsgBox(ex.Message)
End Try

End If

End Sub

Private Sub Button2_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
Button2.Click

    SerialPort1.Close()
    SerialPort1.PortName = 0

    umidade.Clear()
    temperatura.Clear()
    contador.Clear()

End Sub

Private Sub Timer2_Tick(sender As System.Object, e As System.EventArgs) Handles Timer2.Tick
    mil.Text += 10

    If mil.Text = "100" Then
        seg.Text += 1
        mil.Text = 0
    End If

    If seg.Text = "60" Then
        min.Text += 1
        seg.Text = 0
    End If
End Sub

Private Sub play_Click(sender As System.Object, e As System.EventArgs) Handles play.Click
    Timer2.Enabled = True
    Timer2.Start()
    If Timer2.Enabled = True Then
        play.Enabled = False
    End If
End Sub

Private Sub pausar_Click(sender As System.Object, e As System.EventArgs) Handles pausar.Click
    Timer2.Enabled = False
    Timer2.Stop()
    If Timer2.Enabled = False Then

```

```
        play.Enabled = True
    End If
End Sub

Private Sub parar_Click(sender As System.Object, e As System.EventArgs) Handles parar.Click
    Timer2.Enabled = False
    Timer2.Stop()
    If Timer2.Enabled = False Then
        play.Enabled = True
    End If

    mil.Text = "00"
    seg.Text = "00"
    min.Text = "00"

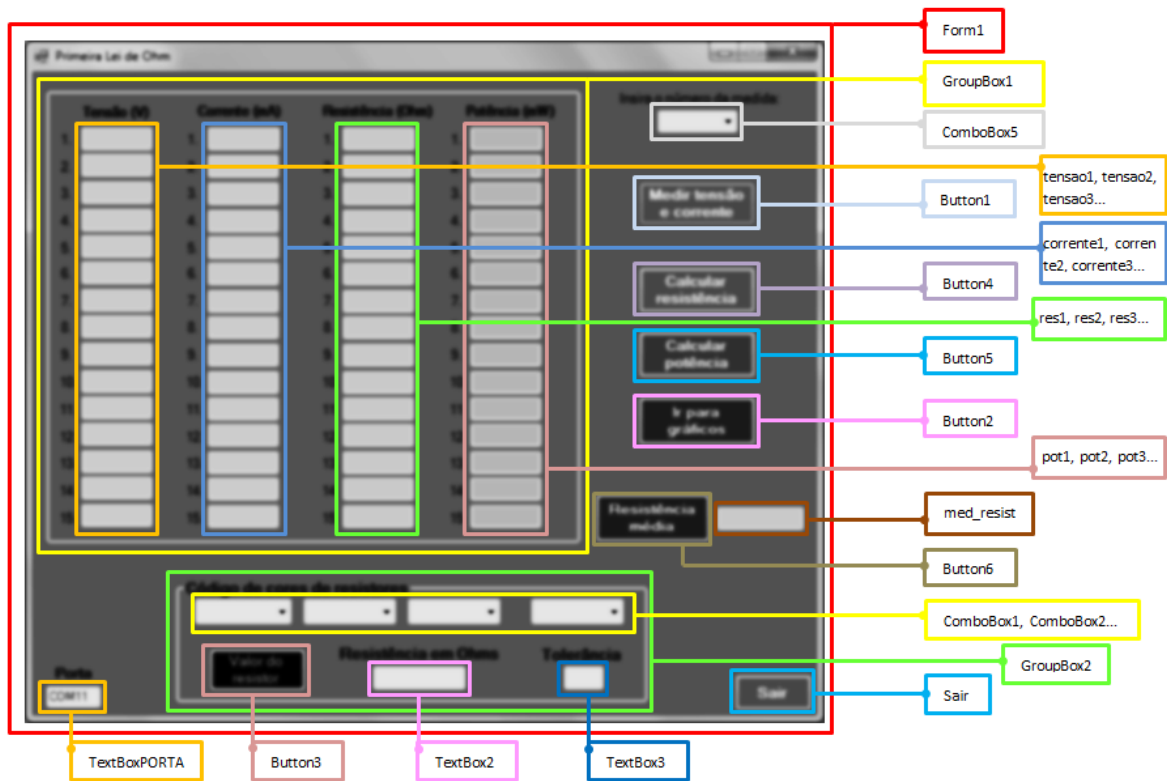
End Sub

Private Sub Sair_Click(sender As System.Object, e As System.EventArgs) Handles Sair.Click
    End
End Sub

End Class
```

PRIMEIRA LEI DE OHM (VISUAL BASIC .NET 2010)

Primeira janela:



```

Public Class Form1
    Dim LEITURA As String
    Dim z, a As String
    Dim MIX, MIY As String
    Dim BM As Bitmap
    Dim DESENHO As Graphics
    Dim LAPIS As Pen
    Dim ESCALA As Double
    Dim t, v1, v2, v3, v4, v5, v6, v7, v8, v9, v10, v11, v12, v13, v14, v15, i1, i2, i3, i4, i5, i6, i7, i8, i9, i10,
    i11, i12, i13, i14, i15 As Double
    Dim i As Integer
    Dim c1, c2, c3 As Integer
    Dim c4 As String

    Private Sub Button1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
    Button1.Click

        If ComboBox5.Text = "" Then
            MsgBox("Insira o número da medida que você quer realizar (deve ser um valor de 1 a 15).")

        ElseIf ComboBox5.Text = 1 Then
            SerialPort1.Write("1")
            System.Threading.Thread.Sleep(750)
        End If
    End Sub

```

```
tensao1.Text = ""  
corrente1.Text = ""  
tensao1.AppendText((LEITURA.Split(",")(0)) & vbCrLf)  
corrente1.AppendText((LEITURA.Split(",")(1)) & vbCrLf)
```

Elseif ComboBox5.Text = 2 **Then**

```
SerialPort1.Write("2")  
System.Threading.Thread.Sleep(750)  
tensao2.Text = ""  
corrente2.Text = ""  
tensao2.AppendText((LEITURA.Split(",")(0)) & vbCrLf)  
corrente2.AppendText((LEITURA.Split(",")(1)) & vbCrLf)
```

Elseif ComboBox5.Text = 3 **Then**

```
SerialPort1.Write("3")  
System.Threading.Thread.Sleep(750)  
tensao3.Text = ""  
corrente3.Text = ""  
tensao3.AppendText((LEITURA.Split(",")(0)) & vbCrLf)  
corrente3.AppendText((LEITURA.Split(",")(1)) & vbCrLf)
```

Elseif ComboBox5.Text = 4 **Then**

```
SerialPort1.Write("4")  
System.Threading.Thread.Sleep(750)  
tensao4.Text = ""  
corrente4.Text = ""  
tensao4.AppendText((LEITURA.Split(",")(0)) & vbCrLf)  
corrente4.AppendText((LEITURA.Split(",")(1)) & vbCrLf)
```

Elseif ComboBox5.Text = 5 **Then**

```
SerialPort1.Write("5")  
System.Threading.Thread.Sleep(750)  
tensao5.Text = ""  
corrente5.Text = ""  
tensao5.AppendText((LEITURA.Split(",")(0)) & vbCrLf)  
corrente5.AppendText((LEITURA.Split(",")(1)) & vbCrLf)
```

Elseif ComboBox5.Text = 6 **Then**

```
SerialPort1.Write("6")  
System.Threading.Thread.Sleep(750)  
tensao6.Text = ""  
corrente6.Text = ""  
tensao6.AppendText((LEITURA.Split(",")(0)) & vbCrLf)  
corrente6.AppendText((LEITURA.Split(",")(1)) & vbCrLf)
```

Elseif ComboBox5.Text = 7 **Then**

```
SerialPort1.Write("7")  
System.Threading.Thread.Sleep(750)  
tensao7.Text = ""  
corrente7.Text = ""  
tensao7.AppendText((LEITURA.Split(",")(0)) & vbCrLf)  
corrente7.AppendText((LEITURA.Split(",")(1)) & vbCrLf)
```

Elseif ComboBox5.Text = 8 **Then**

```
SerialPort1.Write("8")  
System.Threading.Thread.Sleep(750)  
tensao8.Text = ""
```

```
corrente8.Text = ""  
tensao8.AppendText((LEITURA.Split(",")(0)) & vbCrLf)  
corrente8.AppendText((LEITURA.Split(",")(1)) & vbCrLf)
```

Elseif ComboBox5.Text = 9 **Then**

```
SerialPort1.Write("9")  
System.Threading.Thread.Sleep(750)  
tensao9.Text = ""  
corrente9.Text = ""  
tensao9.AppendText((LEITURA.Split(",")(0)) & vbCrLf)  
corrente9.AppendText((LEITURA.Split(",")(1)) & vbCrLf)
```

Elseif ComboBox5.Text = 10 **Then**

```
SerialPort1.Write("a")  
System.Threading.Thread.Sleep(750)  
tensao10.Text = ""  
corrente10.Text = ""  
tensao10.AppendText((LEITURA.Split(",")(0)) & vbCrLf)  
corrente10.AppendText((LEITURA.Split(",")(1)) & vbCrLf)
```

Elseif ComboBox5.Text = 11 **Then**

```
SerialPort1.Write("b")  
System.Threading.Thread.Sleep(750)  
tensao11.Text = ""  
corrente11.Text = ""  
tensao11.AppendText((LEITURA.Split(",")(0)) & vbCrLf)  
corrente11.AppendText((LEITURA.Split(",")(1)) & vbCrLf)
```

Elseif ComboBox5.Text = 12 **Then**

```
SerialPort1.Write("c")  
System.Threading.Thread.Sleep(750)  
tensao12.Text = ""  
corrente12.Text = ""  
tensao12.AppendText((LEITURA.Split(",")(0)) & vbCrLf)  
corrente12.AppendText((LEITURA.Split(",")(1)) & vbCrLf)
```

Elseif ComboBox5.Text = 13 **Then**

```
SerialPort1.Write("d")  
System.Threading.Thread.Sleep(750)  
tensao13.Text = ""  
corrente13.Text = ""  
tensao13.AppendText((LEITURA.Split(",")(0)) & vbCrLf)  
corrente13.AppendText((LEITURA.Split(",")(1)) & vbCrLf)
```

Elseif ComboBox5.Text = 14 **Then**

```
SerialPort1.Write("e")  
System.Threading.Thread.Sleep(750)  
tensao14.Text = ""  
corrente14.Text = ""  
tensao14.AppendText((LEITURA.Split(",")(0)) & vbCrLf)  
corrente14.AppendText((LEITURA.Split(",")(1)) & vbCrLf)
```

Elseif ComboBox5.Text = 15 **Then**

```
SerialPort1.Write("f")  
System.Threading.Thread.Sleep(750)  
tensao15.Text = ""  
corrente15.Text = ""
```

```

tensao15.AppendText((LEITURA.Split(",")(0) & vbCrLf)
corrente15.AppendText((LEITURA.Split(",")(1) & vbCrLf)

End If

End Sub

Private Sub SerialPort1_DataReceived(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.IO.Ports.SerialDataReceivedEventArgs) Handles SerialPort1.DataReceived

Try
Dim DADO As String = SerialPort1.ReadLine
LEITURA = DADO

Catch ex As Exception
MsgBox(ex.Message)
End Try

End Sub

Private Sub Sair_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
Sair.Click

End

End Sub

Private Sub Form1_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
MyBase.Load

SerialPort1.BaudRate = 9600
SerialPort1.Parity = System.IO.Ports.Parity.None
SerialPort1.DataBits = 8
SerialPort1.StopBits = System.IO.Ports.StopBits.One
SerialPort1.PortName = TextBoxPORTA.Text

Try
SerialPort1.PortName = TextBoxPORTA.Text
SerialPort1.Open()

Timer1.Enabled = True
Timer1.Interval = 1
Timer1.Start()

Catch ex As Exception
MsgBox(ex.Message)
End Try

Me.ComboBox5.Items.Add("1")
Me.ComboBox5.Items.Add("2")
Me.ComboBox5.Items.Add("3")
Me.ComboBox5.Items.Add("4")
Me.ComboBox5.Items.Add("5")
Me.ComboBox5.Items.Add("6")
Me.ComboBox5.Items.Add("7")
Me.ComboBox5.Items.Add("8")
Me.ComboBox5.Items.Add("9")

```

```
Me.ComboBox5.Items.Add("10")
Me.ComboBox5.Items.Add("11")
Me.ComboBox5.Items.Add("12")
Me.ComboBox5.Items.Add("13")
Me.ComboBox5.Items.Add("14")
Me.ComboBox5.Items.Add("15")
```

```
Me.ComboBox1.Items.Add("Preto")
Me.ComboBox1.Items.Add("Marrom")
Me.ComboBox1.Items.Add("Vermelho")
Me.ComboBox1.Items.Add("Laranja")
Me.ComboBox1.Items.Add("Amarelo")
Me.ComboBox1.Items.Add("Verde")
Me.ComboBox1.Items.Add("Azul")
Me.ComboBox1.Items.Add("Violeta")
Me.ComboBox1.Items.Add("Cinza")
Me.ComboBox1.Items.Add("Branco")
```

```
Me.ComboBox2.Items.Add("Preto")
Me.ComboBox2.Items.Add("Marrom")
Me.ComboBox2.Items.Add("Vermelho")
Me.ComboBox2.Items.Add("Laranja")
Me.ComboBox2.Items.Add("Amarelo")
Me.ComboBox2.Items.Add("Verde")
Me.ComboBox2.Items.Add("Azul")
Me.ComboBox2.Items.Add("Violeta")
Me.ComboBox2.Items.Add("Cinza")
Me.ComboBox2.Items.Add("Branco")
```

```
Me.ComboBox3.Items.Add("Preto")
Me.ComboBox3.Items.Add("Marrom")
Me.ComboBox3.Items.Add("Vermelho")
Me.ComboBox3.Items.Add("Laranja")
Me.ComboBox3.Items.Add("Amarelo")
Me.ComboBox3.Items.Add("Verde")
Me.ComboBox3.Items.Add("Azul")
Me.ComboBox3.Items.Add("Violeta")
Me.ComboBox3.Items.Add("Cinza")
Me.ComboBox3.Items.Add("Branco")
Me.ComboBox3.Items.Add("Ouro")
Me.ComboBox3.Items.Add("Prata")
```

```
Me.ComboBox4.Items.Add("Ouro")
Me.ComboBox4.Items.Add("Prata")
Me.ComboBox4.Items.Add("Nada")
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Button2_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
Button2.Click
```

```
Form2.Show()
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Button3_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
Button3.Click
```



```
If ComboBox1.Text = "Preto" Then
    c1 = 0
Elseif ComboBox1.Text = "Marrom" Then
    c1 = 10
Elseif ComboBox1.Text = "Vermelho" Then
    c1 = 20
Elseif ComboBox1.Text = "Laranja" Then
    c1 = 30
Elseif ComboBox1.Text = "Amarelo" Then
    c1 = 40
Elseif ComboBox1.Text = "Verde" Then
    c1 = 50
Elseif ComboBox1.Text = "Azul" Then
    c1 = 60
Elseif ComboBox1.Text = "Violeta" Then
    c1 = 70
Elseif ComboBox1.Text = "Cinza" Then
    c1 = 80
Elseif ComboBox1.Text = "Branco" Then
    c1 = 90
End If
```

```
If ComboBox2.Text = "Preto" Then
    c2 = 0
Elseif ComboBox2.Text = "Marrom" Then
    c2 = 1
Elseif ComboBox2.Text = "Vermelho" Then
    c2 = 2
Elseif ComboBox2.Text = "Laranja" Then
    c2 = 3
Elseif ComboBox2.Text = "Amarelo" Then
    c2 = 4
Elseif ComboBox2.Text = "Verde" Then
    c2 = 5
Elseif ComboBox2.Text = "Azul" Then
    c2 = 6
Elseif ComboBox2.Text = "Violeta" Then
    c2 = 7
Elseif ComboBox2.Text = "Cinza" Then
    c2 = 8
Elseif ComboBox2.Text = "Branco" Then
    c2 = 9
End If
```

```
If ComboBox3.Text = "Preto" Then
    c3 = 1
Elseif ComboBox3.Text = "Marrom" Then
    c3 = 10
Elseif ComboBox3.Text = "Vermelho" Then
    c3 = 100
Elseif ComboBox3.Text = "Laranja" Then
    c3 = 1000
Elseif ComboBox3.Text = "Amarelo" Then
    c3 = 10000
Elseif ComboBox3.Text = "Verde" Then
    c3 = 100000
```

```

Elseif ComboBox3.Text = "Azul" Then
    c3 = 1000000
Elseif ComboBox3.Text = "Violeta" Then
    c3 = 10
Elseif ComboBox3.Text = "Cinza" Then
    c3 = 100
Elseif ComboBox3.Text = "Branco" Then
    c3 = 1000
Elseif ComboBox3.Text = "Ouro" Then
    c3 = 0.1
Elseif ComboBox3.Text = "Prata" Then
    c3 = 0.01
End If

```

```

If ComboBox4.Text = "Ouro" Then
    TextBox3.Text = "5%"
Elseif ComboBox4.Text = "Prata" Then
    TextBox3.Text = "10%"
Elseif ComboBox4.Text = "Nada" Then
    TextBox3.Text = "20%"
End If

```

```

    TextBox2.Text = (c1 + c2) * c3
End Sub

```

```

Private Sub Button4_Click(sender As System.Object, e As System.EventArgs) Handles Button4.Click
    res1.Text = (Val(tensao1.Text) / (Val(corrente1.Text) * 0.001))
    res2.Text = (Val(tensao2.Text) / (Val(corrente2.Text) * 0.001))
    res3.Text = (Val(tensao3.Text) / (Val(corrente3.Text) * 0.001))
    res4.Text = (Val(tensao4.Text) / (Val(corrente4.Text) * 0.001))
    res5.Text = (Val(tensao5.Text) / (Val(corrente5.Text) * 0.001))
    res6.Text = (Val(tensao6.Text) / (Val(corrente6.Text) * 0.001))
    res7.Text = (Val(tensao7.Text) / (Val(corrente7.Text) * 0.001))
    res8.Text = (Val(tensao8.Text) / (Val(corrente8.Text) * 0.001))
    res9.Text = (Val(tensao9.Text) / (Val(corrente9.Text) * 0.001))
    res10.Text = (Val(tensao10.Text) / (Val(corrente10.Text) * 0.001))
    res11.Text = (Val(tensao11.Text) / (Val(corrente11.Text) * 0.001))
    res12.Text = (Val(tensao12.Text) / (Val(corrente12.Text) * 0.001))
    res13.Text = (Val(tensao13.Text) / (Val(corrente13.Text) * 0.001))
    res14.Text = (Val(tensao14.Text) / (Val(corrente14.Text) * 0.001))
    res15.Text = (Val(tensao15.Text) / (Val(corrente15.Text) * 0.001))

```

```

End Sub

```

```

Private Sub Button5_Click(sender As System.Object, e As System.EventArgs) Handles Button5.Click
    pot1.Text = String.Format("{0:N2}", Val(tensao1.Text) * Val(corrente1.Text))
    pot2.Text = String.Format("{0:N2}", Val(tensao2.Text) * Val(corrente2.Text))
    pot3.Text = String.Format("{0:N2}", Val(tensao3.Text) * Val(corrente3.Text))
    pot4.Text = String.Format("{0:N2}", Val(tensao4.Text) * Val(corrente4.Text))
    pot5.Text = String.Format("{0:N2}", Val(tensao5.Text) * Val(corrente5.Text))
    pot6.Text = String.Format("{0:N2}", Val(tensao6.Text) * Val(corrente6.Text))
    pot7.Text = String.Format("{0:N2}", Val(tensao7.Text) * Val(corrente7.Text))
    pot8.Text = String.Format("{0:N2}", Val(tensao8.Text) * Val(corrente8.Text))
    pot9.Text = String.Format("{0:N2}", Val(tensao9.Text) * Val(corrente9.Text))
    pot10.Text = String.Format("{0:N2}", Val(tensao10.Text) * Val(corrente10.Text))
    pot11.Text = String.Format("{0:N2}", Val(tensao11.Text) * Val(corrente11.Text))
    pot12.Text = String.Format("{0:N2}", Val(tensao12.Text) * Val(corrente12.Text))

```

```

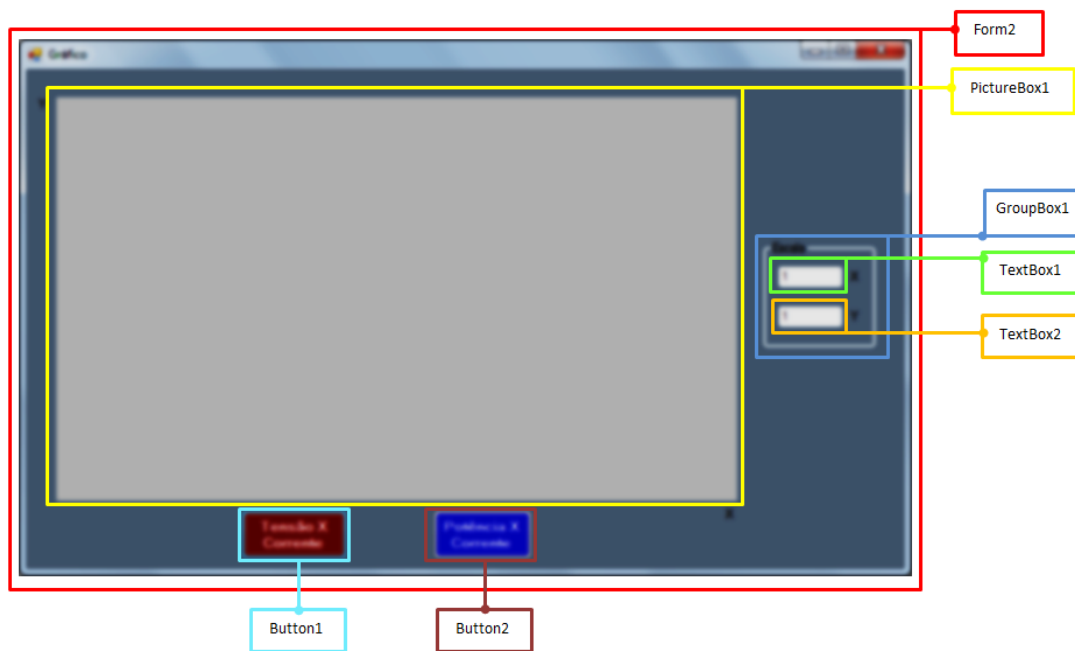
pot13.Text = String.Format("{0:N2}", Val(tensao13.Text) * Val(corrente13.Text))
pot14.Text = String.Format("{0:N2}", Val(tensao14.Text) * Val(corrente14.Text))
pot15.Text = String.Format("{0:N2}", Val(tensao15.Text) * Val(corrente15.Text))
End Sub

Private Sub Button6_Click(sender As System.Object, e As System.EventArgs) Handles Button6.Click
    med_resist.Text = ((Val(res1.Text) + Val(res2.Text) + Val(res3.Text) + Val(res4.Text) + Val(res5.Text)
+ Val(res6.Text) + Val(res7.Text) + Val(res8.Text) + Val(res9.Text) + Val(res10.Text) + Val(res11.Text) +
Val(res12.Text) + Val(res13.Text) + Val(res14.Text) + Val(res15.Text)) / 15)

End Sub
End Class

```

Segunda janela:



```

Public Class Form2
    Dim LEITURA As String
    Dim z, a As String
    Dim MIX, MIY As String
    Dim BM As Bitmap
    Dim DESENHO As Graphics
    Dim LAPIS As Pen
    Dim ESCALA As Double
    Dim escalax, escalay As Double
    Dim t, vm, im, v1, v2, v3, v4, v5, v6, v7, v8, v9, v10, v11, v12, v13,
v14, v15, i1, i2, i3, i4, i5, i6, i7, i8, i9, i10, i11, i12, i13, i14, i15
As Double

```

```

    Dim p1, p2, p3, p4, p5, p6, p7, p8, p9, p10, p11, p12, p13, p14, p15 As
Double
    Dim rx, ry As Double

    Private Sub Form2_Load(sender As System.Object, e As System.EventArgs)
Handles MyBase.Load
        Dim myBrush As New
System.Drawing.SolidBrush(System.Drawing.Color.Red)

        ESCALA = (PictureBox1.Height)
        BM = New Bitmap(PictureBox1.Width, PictureBox1.Height)
        DESENHO = Graphics.FromImage(BM)
        LAPIS = New Pen(Brushes.Lime, 2)

        For x = 0 To PictureBox1.Width Step 20
            DESENHO.DrawLine(Pens.White, x, 0, x, PictureBox1.Height)
            If x > PictureBox1.Width Then
                Exit For
            End If
        Next

        For y = 0 To PictureBox1.Height Step 20
            DESENHO.DrawLine(Pens.White, 0, y, PictureBox1.Width, y)
            If y > PictureBox1.Height Then
                Exit For
            End If
        Next

    End Sub

    Private Sub Button1_Click(sender As System.Object, e As
System.EventArgs) Handles Button1.Click
        Dim myBrush As New
System.Drawing.SolidBrush(System.Drawing.Color.Red)

        ESCALA = (PictureBox1.Height)
        BM = New Bitmap(PictureBox1.Width, PictureBox1.Height)
        DESENHO = Graphics.FromImage(BM)
        LAPIS = New Pen(Brushes.Lime, 2)

        For x = 0 To PictureBox1.Width Step 20
            DESENHO.DrawLine(Pens.White, x, 0, x, PictureBox1.Height)
            If x > PictureBox1.Width Then
                Exit For
            End If
        Next

        For y = 0 To PictureBox1.Height Step 20
            DESENHO.DrawLine(Pens.White, 0, y, PictureBox1.Width, y)
            If y > PictureBox1.Height Then
                Exit For
            End If
        Next

        v1 = Val(Form1.tensao1.Text)
        v2 = Val(Form1.tensao2.Text)
        v3 = Val(Form1.tensao3.Text)
        v4 = Val(Form1.tensao4.Text)

```

```

v5 = Val(Form1.tensao5.Text)
v6 = Val(Form1.tensao6.Text)
v7 = Val(Form1.tensao7.Text)
v8 = Val(Form1.tensao8.Text)
v9 = Val(Form1.tensao9.Text)
v10 = Val(Form1.tensao10.Text)
v11 = Val(Form1.tensao11.Text)
v12 = Val(Form1.tensao12.Text)
v13 = Val(Form1.tensao13.Text)
v14 = Val(Form1.tensao14.Text)
v15 = Val(Form1.tensao15.Text)

i1 = Val(Form1.corrente1.Text)
i2 = Val(Form1.corrente2.Text)
i3 = Val(Form1.corrente3.Text)
i4 = Val(Form1.corrente4.Text)
i5 = Val(Form1.corrente5.Text)
i6 = Val(Form1.corrente6.Text)
i7 = Val(Form1.corrente7.Text)
i8 = Val(Form1.corrente8.Text)
i9 = Val(Form1.corrente9.Text)
i10 = Val(Form1.corrente10.Text)
i11 = Val(Form1.corrente11.Text)
i12 = Val(Form1.corrente12.Text)
i13 = Val(Form1.corrente13.Text)
i14 = Val(Form1.corrente14.Text)
i15 = Val(Form1.corrente15.Text)

Dim Fnt As New Font("Times New Roman", 11)
DESENHO.DrawString("(V)", Fnt, Brushes.Black, 5, 5)
DESENHO.DrawString("(mA)", Fnt, Brushes.Black, PictureBox1.Width -
45, PictureBox1.Height - 25)

escalax = Val(TextBox1.Text)
escalay = Val(TextBox2.Text)

DESENHO.FillEllipse(myBrush, New Rectangle(i1 * 50 * escalax, 0 -
(80 * v1 / (1.009 * escalay)) + PictureBox1.Height - 15, 7, 7))
DESENHO.FillEllipse(myBrush, New Rectangle(i2 * 50 * escalax, 0 -
(80 * v2 / (1.009 * escalay)) + PictureBox1.Height - 15, 7, 7))
DESENHO.FillEllipse(myBrush, New Rectangle(i3 * 50 * escalax, 0 -
(80 * v3 / (1.009 * escalay)) + PictureBox1.Height - 15, 7, 7))
DESENHO.FillEllipse(myBrush, New Rectangle(i4 * 50 * escalax, 0 -
(80 * v4 / (1.009 * escalay)) + PictureBox1.Height - 15, 7, 7))
DESENHO.FillEllipse(myBrush, New Rectangle(i5 * 50 * escalax, 0 -
(80 * v5 / (1.009 * escalay)) + PictureBox1.Height - 15, 7, 7))
DESENHO.FillEllipse(myBrush, New Rectangle(i6 * 50 * escalax, 0 -
(80 * v6 / (1.009 * escalay)) + PictureBox1.Height - 15, 7, 7))
DESENHO.FillEllipse(myBrush, New Rectangle(i7 * 50 * escalax, 0 -
(80 * v7 / (1.009 * escalay)) + PictureBox1.Height - 15, 7, 7))
DESENHO.FillEllipse(myBrush, New Rectangle(i8 * 50 * escalax, 0 -
(80 * v8 / (1.009 * escalay)) + PictureBox1.Height - 15, 7, 7))
DESENHO.FillEllipse(myBrush, New Rectangle(i9 * 50 * escalax, 0 -
(80 * v9 / (1.009 * escalay)) + PictureBox1.Height - 15, 7, 7))
DESENHO.FillEllipse(myBrush, New Rectangle(i10 * 50 * escalax, 0 -
(80 * v10 / (1.009 * escalay)) + PictureBox1.Height - 15, 7, 7))
DESENHO.FillEllipse(myBrush, New Rectangle(i11 * 50 * escalax, 0 -
(80 * v11 / (1.009 * escalay)) + PictureBox1.Height - 15, 7, 7))

```

```

    DESENHO.FillEllipse(myBrush, New Rectangle(i12 * 50 * escalax, 0 -
(80 * v12 / (1.009 * escalay)) + PictureBox1.Height - 15, 7, 7))
    DESENHO.FillEllipse(myBrush, New Rectangle(i13 * 50 * escalax, 0 -
(80 * v13 / (1.009 * escalay)) + PictureBox1.Height - 15, 7, 7))
    DESENHO.FillEllipse(myBrush, New Rectangle(i14 * 50 * escalax, 0 -
(80 * v14 / (1.009 * escalay)) + PictureBox1.Height - 15, 7, 7))
    DESENHO.FillEllipse(myBrush, New Rectangle(i15 * 50 * escalax, 0 -
(80 * v15 / (1.009 * escalay)) + PictureBox1.Height - 15, 7, 7))

```

```

    DESENHO.DrawImage(BM, 0, 0, PictureBox1.Width, PictureBox1.Height)
    PictureBox1.Image = BM

```

End Sub

```

Private Sub Button2_Click(sender As System.Object, e As
System.EventArgs) Handles Button2.Click
    Dim myBrush As New
System.Drawing.SolidBrush(System.Drawing.Color.Blue)

```

```

    ESCALA = (PictureBox1.Height)
    BM = New Bitmap(PictureBox1.Width, PictureBox1.Height)
    DESENHO = Graphics.FromImage(BM)
    LAPIS = New Pen(Brushes.Lime, 2)

```

```

For x = 0 To PictureBox1.Width Step 20
    DESENHO.DrawLine(Pens.White, x, 0, x, PictureBox1.Height)
    If x > PictureBox1.Width Then
        Exit For
    End If
Next

```

```

For y = 0 To PictureBox1.Height Step 20
    DESENHO.DrawLine(Pens.White, 0, y, PictureBox1.Width, y)
    If y > PictureBox1.Height Then
        Exit For
    End If
Next

```

```

v1 = Val(Form1.tensao1.Text)
v2 = Val(Form1.tensao2.Text)
v3 = Val(Form1.tensao3.Text)
v4 = Val(Form1.tensao4.Text)
v5 = Val(Form1.tensao5.Text)
v6 = Val(Form1.tensao6.Text)
v7 = Val(Form1.tensao7.Text)
v8 = Val(Form1.tensao8.Text)
v9 = Val(Form1.tensao9.Text)
v10 = Val(Form1.tensao10.Text)
v11 = Val(Form1.tensao11.Text)
v12 = Val(Form1.tensao12.Text)
v13 = Val(Form1.tensao13.Text)
v14 = Val(Form1.tensao14.Text)
v15 = Val(Form1.tensao15.Text)

```

```

i1 = Val(Form1.corrente1.Text)
i2 = Val(Form1.corrente2.Text)
i3 = Val(Form1.corrente3.Text)

```

```

i4 = Val(Form1.corrente4.Text)
i5 = Val(Form1.corrente5.Text)
i6 = Val(Form1.corrente6.Text)
i7 = Val(Form1.corrente7.Text)
i8 = Val(Form1.corrente8.Text)
i9 = Val(Form1.corrente9.Text)
i10 = Val(Form1.corrente10.Text)
i11 = Val(Form1.corrente11.Text)
i12 = Val(Form1.corrente12.Text)
i13 = Val(Form1.corrente13.Text)
i14 = Val(Form1.corrente14.Text)
i15 = Val(Form1.corrente15.Text)

p1 = v1 * i1
p2 = v2 * i2
p3 = v3 * i3
p4 = v4 * i4
p5 = v5 * i5
p6 = v6 * i6
p7 = v7 * i7
p8 = v8 * i8
p9 = v9 * i9
p10 = v10 * i10
p11 = v11 * i11
p12 = v12 * i12
p13 = v13 * i13
p14 = v14 * i14
p15 = v15 * i15

Dim Fnt As New Font("Times New Roman", 11)
DESENHO.DrawString("(mW)", Fnt, Brushes.Black, 5, 5)
DESENHO.DrawString("(mA)", Fnt, Brushes.Black, PictureBox1.Width -
45, PictureBox1.Height - 25)

escalax = Val(TextBox1.Text)
escalay = Val(TextBox2.Text)

DESENHO.FillEllipse(myBrush, New Rectangle(i1 * 50 * escalax, 0 -
(60 * p1 / (1.009 * escalay)) + PictureBox1.Height - 15, 7, 7))
DESENHO.FillEllipse(myBrush, New Rectangle(i2 * 50 * escalax, 0 -
(60 * p2 / (1.009 * escalay)) + PictureBox1.Height - 15, 7, 7))
DESENHO.FillEllipse(myBrush, New Rectangle(i3 * 50 * escalax, 0 -
(60 * p3 / (1.009 * escalay)) + PictureBox1.Height - 15, 7, 7))
DESENHO.FillEllipse(myBrush, New Rectangle(i4 * 50 * escalax, 0 -
(60 * p4 / (1.009 * escalay)) + PictureBox1.Height - 15, 7, 7))
DESENHO.FillEllipse(myBrush, New Rectangle(i5 * 50 * escalax, 0 -
(60 * p5 / (1.009 * escalay)) + PictureBox1.Height - 15, 7, 7))
DESENHO.FillEllipse(myBrush, New Rectangle(i6 * 50 * escalax, 0 -
(60 * p6 / (1.009 * escalay)) + PictureBox1.Height - 15, 7, 7))
DESENHO.FillEllipse(myBrush, New Rectangle(i7 * 50 * escalax, 0 -
(60 * p7 / (1.009 * escalay)) + PictureBox1.Height - 15, 7, 7))
DESENHO.FillEllipse(myBrush, New Rectangle(i8 * 50 * escalax, 0 -
(60 * p8 / (1.009 * escalay)) + PictureBox1.Height - 15, 7, 7))
DESENHO.FillEllipse(myBrush, New Rectangle(i9 * 50 * escalax, 0 -
(60 * p9 / (1.009 * escalay)) + PictureBox1.Height - 15, 7, 7))
DESENHO.FillEllipse(myBrush, New Rectangle(i10 * 50 * escalax, 0 -
(60 * p10 / (1.009 * escalay)) + PictureBox1.Height - 15, 7, 7))
DESENHO.FillEllipse(myBrush, New Rectangle(i11 * 50 * escalax, 0 -
(60 * p11 / (1.009 * escalay)) + PictureBox1.Height - 15, 7, 7))

```

```
        DESENHO.FillEllipse(myBrush, New Rectangle(i12 * 50 * escalax, 0 -
(60 * p12 / (1.009 * escalay)) + PictureBox1.Height - 15, 7, 7))
        DESENHO.FillEllipse(myBrush, New Rectangle(i13 * 50 * escalax, 0 -
(60 * p13 / (1.009 * escalay)) + PictureBox1.Height - 15, 7, 7))
        DESENHO.FillEllipse(myBrush, New Rectangle(i14 * 50 * escalax, 0 -
(60 * p14 / (1.009 * escalay)) + PictureBox1.Height - 15, 7, 7))
        DESENHO.FillEllipse(myBrush, New Rectangle(i15 * 50 * escalax, 0 -
(60 * p15 / (1.009 * escalay)) + PictureBox1.Height - 15, 7, 7))

        DESENHO.DrawImage(BM, 0, 0, PictureBox1.Width, PictureBox1.Height)
        PictureBox1.Image = BM
    End Sub

End Class
```


APÊNDICE B – ROTEIROS

Roteiro experimental: ELETROSTÁTICA

O ideal é que este experimento seja realizado em ambientes de umidade controlada, como ambientes com ar-condicionado. Embora a função principal dos aparelhos condicionadores de ar seja controlar a temperatura do ambiente, nesse processo eles acabam retirando umidade do ar, o que torna o ambiente propício a experimentos de eletrostática. Por isso, antes de realizar os experimentos contidos nesse roteiro é indicado que se deixe a sala preparada com o ar-condicionado ligado ao menos 10 minutos antes do início da aula.

O eletroscópio eletrônico com sensor de umidade:

O aparato experimental utilizado nesse roteiro é constituído pelos seguintes itens:

- 1 placa Arduino Uno;
- 1 cabo USB;
- 1 placa *protoboard* de 170 furos;
- 1 sensor de umidade e temperatura DHT11;
- 1 transistor de efeito de campo BF 245C;
- 2 resistores de 300 Ω e 1 resistor de 1M Ω ;
- 1 sensor de luminosidade LDR;
- 1 LED de alto brilho branco de 5mm;
- 1 bateria de 9V;
- fios *jumpers* de diversas cores;
- 1 antena feita de um fio de cobre de aproximadamente 20 cm;
- régua, bastões de cola quente, papel toalha, pote de plástico e papel

alumínio.

A montagem dos componentes na placa *protoboard* e suas ligações no Arduino são mostradas nas imagens abaixo:

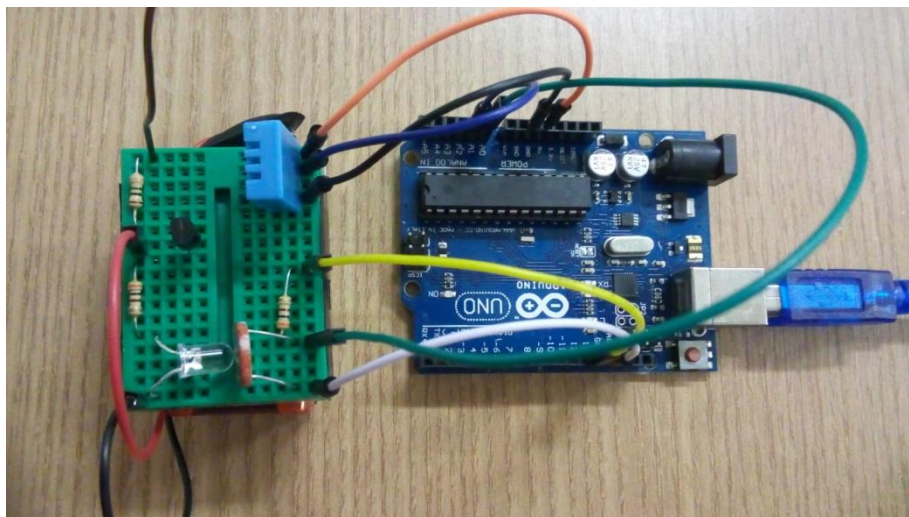


Figura 1 – Eletroscópio conectado ao Arduino

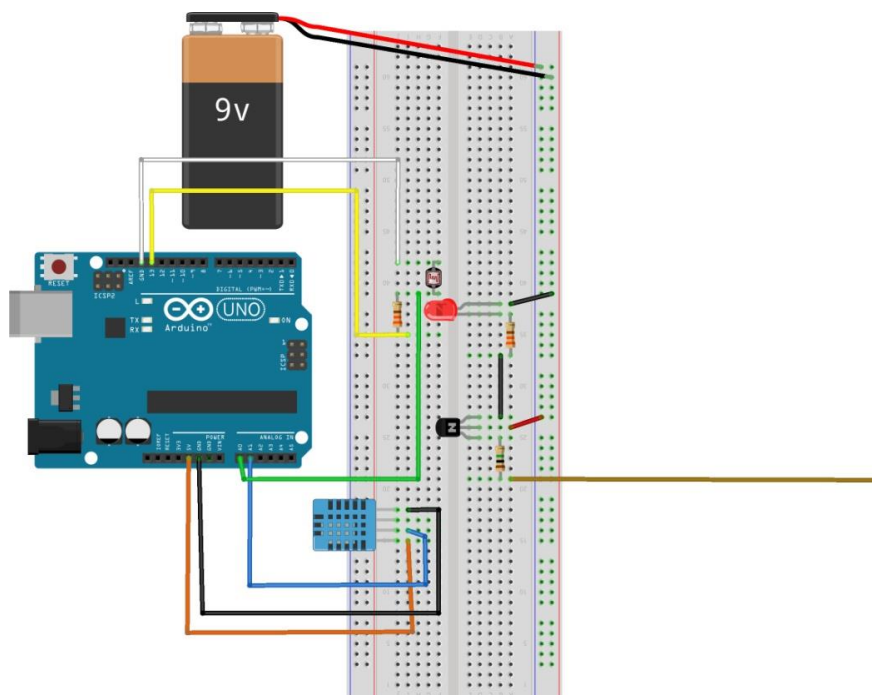


Figura 2 – Esquema de ligação dos componentes à placa Arduino

Montagem do experimento:

1. Conecte a placa *protoboard* contendo os sensores LDR (sensor de luminosidade) e DHT11 (sensor de umidade), resistores, LED, antena feita com fio de cobre, transistor e os fios (*jumper*s) na placa Arduino da seguinte maneira:
 - *Jumper* laranja no pino de 5V;
 - *Jumper* preto no pino GND próximo ao pino de 5V;
 - *Jumper* azul no pino A1;
 - *Jumper* amarelo no pino 13;
 - *Jumper* branco no pino GND próximo ao pino 13;
 - *Jumper* verde no pino A0;
2. Conecte a placa Arduino ao computador através de uma das portas USB;
3. Conecte o *plug* conectado a *protoboard* na bateria;
4. Descreva e explique o que acontece com o LED nesse momento;
5. Fixe o eletroscópio e a partir desse local faça marcações em linha reta sobre a mesa a cada 10 cm. Faça isso até atingir a marca de 50 cm, o que significa que você deverá ter feito 5 marcações, cada uma distando 10 cm da outra;
6. Fixe uma régua, ou outro material plástico, na posição vertical a uma distância um pouco maior que 50 cm do eletroscópio.

OBS.: Evite tocar nos componentes do circuito, pois devido a alta sensibilidade do transistor BF 245C, utilizado nessa montagem, cargas elétricas que podem estar presente nos seus dedos podem danificá-lo.

Utilizando o computador:

- Com o software do Arduino e o aplicativo feito em Visual Basic .NET “Eletroscópio” já instalados, abra o arquivo Eletroscopio_arduino.ino e inicie o programa “umidade e temperatura”. Depois abra o arquivo Eletroscopio_visualbasic.vbproj. Você deverá visualizar as janelas seguintes:

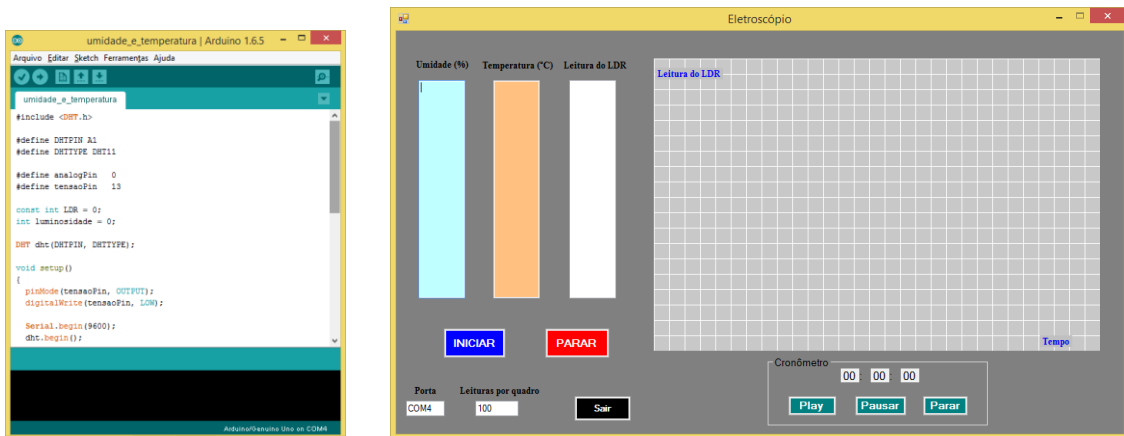


Figura 3 – IDE do Arduino e software “Eletroscópio”

- Na IDE do Arduino clique em “Upload” e espere carregar;
- No aplicativo feito em VB .Net (Visual Basic .Net) insira o valor da porta (entrada USB) que está sendo utilizada, para descobrir qual é esse valor, volte para o software do Arduino e clique em “Tools” e em seguida em “Serial Port”. Você irá realizar a aquisição de dados neste aplicativo de acordo com o que se pede abaixo.

1º EXPERIMENTO: Realizando a aquisição de dados

- Observe o gráfico e os dados adquiridos no aplicativo “Eletroscópio” e anote o valor mínimo da leitura do LDR quando o LED está aceso. Anote também os valores da umidade e da temperatura. Depois siga os passos a seguir:

- a) Utilizando um pedaço de papel toalha (ou papel higiênico) atrite a régua, que inicialmente estará a uma distância de mais de 50 cm do eletroscópio, e faça isso até notar que o LED foi apagado;
- b) Com o LED totalmente apagado, anote o valor máximo da leitura do LDR;

c) **Responda:** O que aconteceu com a régua ao ser atritada com o papel? Por que isso aconteceu?



- d) Em seguida aproxime a régua da marca de 50 cm e espere o LED acender novamente, quando isso acontecer, clique no botão *Play* no cronômetro do aplicativo;

Figura 4 – Régua e papel toalha

- e) Assim que o LED começar a acender o mova para a primeira marca de 10 cm (ou seja, aquela que dista 10 cm do eletroscópio).
- f) **Responda:** O que aconteceu com o LED nesse momento? Por que isso aconteceu?
- g) Aguarde o tempo necessário para que o LED volte a acender, e então, quando ele tiver acendido totalmente (preste atenção nos valores lidos pelo LDR no aplicativo), clique no botão *Pausar* do cronômetro. Anote o valor do tempo total da medida;
- h) **Responda:** Por que após um determinado tempo o LED volta a acender?
- i) **Discussão:** Discuta com seus colegas a realização do experimento e seus resultados.

OBS.: Após finalizar esta etapa, mude a umidade da sala: desligue o aparelho de ar-condicionado e abra portas e janelas. Caso não esteja usando uma sala com ar-condicionado, pode ser tentado como alternativa passar panos molhados sobre o piso e fechar a sala, dessa forma a água do piso irá evaporar e aumentar a umidade ambiente.

2º EXPERIMENTO: Nova aquisição de dados

11. Confira nos dados adquiridos no aplicativo se a umidade do ar variou significativamente: de três a quatro por cento já é um bom valor. Em seguida repita os processos descritos no item 10, mas desta vez para esses novos valores de umidade e temperatura.
12. **Responda:** Qual tempo foi mais longo, o do primeiro experimento ou do segundo? Por que existe essa diferença nos tempos?
13. **Responda:** Como a umidade interferiu no experimento? Explique por que isso aconteceu.

3º EXPERIMENTO: Régua sobre a mesa

14. Atrite novamente a régua e a aproxime da antena do eletroscópio até que o LED apague. Depois, mantendo a régua a mesma distância, coloque-a sobre a mesa. **Responda:** quando a régua é colocada sobre a mesa o que acontece com o LED? Por que isso acontece?

4º EXPERIMENTO: ELETRIZANDO OUTROS MATERIAIS

15. Com o papel toalha atrite um bastão de cola quente e em seguida o aproxime da antena do eletroscópio.
Responda: qual a diferença no comportamento do LED no caso da régua e no caso do bastão de cola quente?

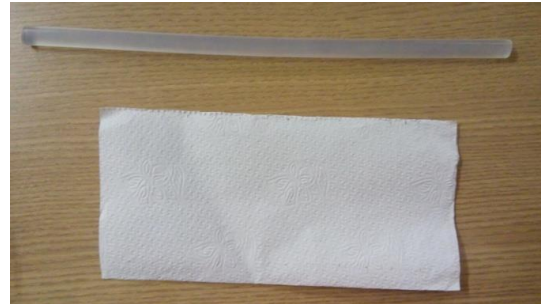


Figura 5 – Bastão de cola quente e papel toalha

5º EXPERIMENTO: ELETROSCÓPIO DENTRO DE UM CONDUTOR

16. Pegue um recipiente de plástico, como uma bacia ou pote, e o cubra com papel alumínio. Em seguida coloque esse recipiente sobre o eletroscópio. Caso a antena toque no fundo do recipiente você pode dobrá-la um pouco. Atrite novamente a régua com o papel toalha e, com o eletroscópio coberto pelo recipiente plástico, aproxime-a do eletroscópio novamente. Observe o que ocorre na leitura do LDR do aplicativo “Eletroscópio”.
Responda: qual a diferença no comportamento dos dados obtidos antes e depois de o eletroscópio ser coberto pelo recipiente plástico coberto de papel alumínio? Qual a causa dessa diferença e por que ela ocorre?



Figura 6 – Pote plástico coberto com papel alumínio

RELATÓRIO

A partir dos procedimentos realizados e com base nos resultados e respostas aos itens anteriores, produza um relatório dos experimentos realizados.

O relatório deve conter descrição detalhada dos equipamentos usados, fotos da realização dos experimentos, respostas aos questionamentos feitos no roteiro e conclusões que se podem retirar dos experimentos. A estrutura do relatório deve conter: introdução, procedimentos metodológicos, resultados e discussões dos resultados obtidos, conclusão e, se for o caso, referências.

Roteiro experimental: Primeira Lei de Ohm

Montagem do experimento:

1. Conecte a placa Arduino ao computador através de uma das portas USB.
2. Conecte a placa de circuito contendo o potenciômetro, o resistor de controle e os fios (jumpers) na placa Arduino da seguinte maneira:
 - Jumper vermelho no pino de 5V;
 - Jumper verde no pino A0;
 - Jumper azul no pino A1;
 - o jumper branco deve ser conectado a uma das pontas de uma garra jacaré, a outra ponta da garra deve ser conectada a uma das pontas do resistor;
 - conecte a outra ponta do resistor em outra garra jacaré, e esta no pino GND.

Utilizando o computador:

3. Com o software do Arduino e o aplicativo feito em Visual Basic .NET “Primeira Lei de Ohm” já instalados, abra o arquivo Primeira_Lei_de_Ohm.ino e inicie o programa “Primeira Lei de Ohm”. Você deverá visualizar as janelas seguintes:

```

Primeira Lei de Ohm
int pino0 = 0;
int pino1 = 1;

float tensao;
float corrente;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  char aux=Serial.read();
  if (aux=='1')
  {
    corrente=(analogRead(A0)-analogRead(A1))*4.8828/300;
    tensao = (analogRead(A1)*0.0048828);
    Serial.print(tensao);
    Serial.print(" ");
    Serial.print(" ");
    Serial.print(" ");
  }
}

```

The application interface features a table with 15 rows for data entry. Each row contains four input fields: Tensão (V), Corrente (mA), Resistência (Ohm), and Potência (mW). To the right of the table is a dropdown menu labeled 'Insira o número da medida:' and a 'Medir tensão e corrente' button. Below the table are buttons for 'Calcular resistência', 'Calcular potência', and 'Ir para gráficos'. At the bottom, there is a 'Resistência média' field and a 'Código de cores de resistores' section with three dropdown menus. A 'Porta COM11' is selected at the bottom left, and a 'Sair' button is at the bottom right.

4. No software do Arduino clique em “Upload” e espere carregar;
5. No aplicativo “Primeira Lei de Ohm”, insira o valor da porta (entrada USB) que está sendo utilizada, para descobrir qual é esse valor, volte para o software do Arduino e clique em “Tools” e em seguida em “Serial Port”. Você irá realizar as medidas neste aplicativo de acordo com o que se pede abaixo.

Realizando as medidas:

6. Pegue um dos resistores de filme de carbono e coloque entre as duas garras jacaré, como dito na montagem do experimento e siga os passos a seguir:
 - a) Agora, no aplicativo “Primeira Lei de Ohm”, selecione o número da medida, que pode ir de 1 a 15, e clique no botão “Medir tensão e corrente”;
 - b) Realize as quinze medidas, variando um pouco o potenciômetro em cada uma das medidas;
 - c) A partir dos dados de pelo menos três das 15 medidas e considerando que o resistor que está sendo medido é ôhmico, determine o valor médio de sua resistência;

- d) Em seguida, clique no botão “Calcular resistência”. Observando os valores na tabela de resistência responda: os valores variam muito ou são parecidos? Qual o maior e o menor valor de resistência?
- e) Clique em “Resistência Média”. Compare o valor medido com o valor que você calculou anteriormente. Os resultados são parecidos?
- f) Clique no botão “Calcular potência”;

- g) Na parte “Código de cores de resistores” (figura ao lado), selecione as cores do resistor que você está utilizando e compare o resultado apresentado com o valor de resistência média medida e o valor calculado. Os valores medido e calculado estão dentro da tolerância estipulada pelo fabricante? A que você atribui as diferenças de valores? Justifique suas respostas;

Código de cores de resistores

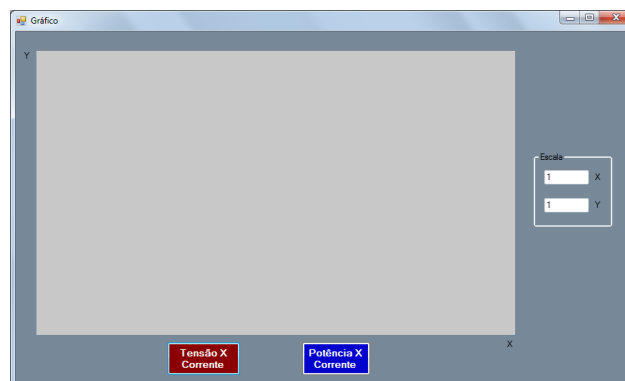
Valor do resistor

Resistência em Ohms

Tolerância

A interface mostra quatro menus suspensos para selecionar as cores dos anéis de um resistor. Abaixo, há campos para o valor do resistor, a resistência em Ohms e a tolerância.

- h) Através da tecla “Print Screen” do teclado, salve uma imagem da tela do programa em uma pasta de arquivos;
- i) Clique no botão “Ir para gráficos”, uma nova janela deve surgir:



- j) Nessa nova janela, primeiro clique em “Tensão X corrente”, observe o gráfico desenhado na janela (se necessário, ajuste o gráfico através dos valores de escala). Que tipo de curva mais se ajusta aos pontos? Através desse gráfico, diga se o resistor é ôhmico ou não-ôhmico, justifique sua afirmação;

- k) Em seguida clique no botão “Potência X corrente”, observe o gráfico desenhado na janela (se necessário, ajuste o gráfico através dos valores de escala). Que tipo de curva se ajusta melhor aos pontos? Que tipo de função matemática expressa essa curva (é uma equação logarítmica, ou senoidal, ou de primeiro grau, ou de segundo grau, etc.)? Mostre que essa expressão (que relaciona potência, corrente e resistência) pode ser determinada a partir das definições de tensão ($U = R i$) e potência ($P = U i$);
- l) Novamente, através da tecla “Print Screen” do teclado, salve uma imagem dos gráficos na mesma pasta de arquivos;
7. Pegue um resistor de grafite e coloque entre as duas garras jacaré, como dito na montagem do experimento 1, e refaça os mesmos procedimentos do primeiro resistor, exceto o item g).
8. Pegue um resistor de cola epóxi e palha de aço e coloque entre as duas garras jacaré, como dito na montagem do experimento 1, e refaça os mesmos procedimentos do primeiro resistor, exceto o item g).
9. A partir dos procedimentos realizados e com base nos resultados dos itens anteriores, produza um relatório do experimento realizado, ilustrando-o com as imagens salvas durante a realização do mesmo.