



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO CEARÁ - IFCE
UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ – UVA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE
FÍSICA -MNPEF



OSÉIAS DE SOUSA MOURÃO

**Uso da Plataforma Arduino como uma Ferramenta Motivacional para a
Aprendizagem de Física**

SOBRAL

ABRIL DE 2018

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO CEARÁ - IFCE
UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ – UVA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE
FÍSICA -MNPEF

OSÉIAS DE SOUSA MOURÃO

**Uso da Plataforma Arduino como uma Ferramenta Motivacional para a
Aprendizagem de Física**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação da
Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA e Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará –
IFCE, como parte dos requisitos necessários à obtenção do
título de Mestre em ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. João Claudio Nunes Carvalho

SOBRAL

ABRIL DE 2018

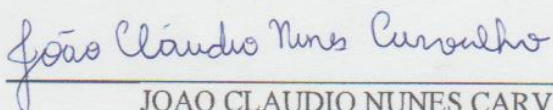
OSEIAS DE SOUSA MOURÃO

**USO DO ARDUINO COMO FERRAMENTA MOTIVACIONAL PARA
APRENDIZAGEM DE FÍSICA**

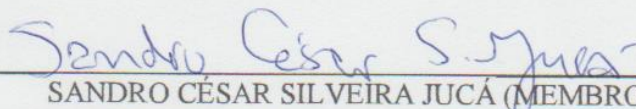
Dissertação submetida ao Polo 56 UVA/IFCE do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 07 de Abril de 2018.

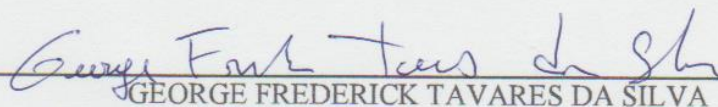
BANCA EXAMINADORA



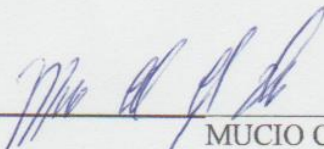
JOAO CLAUDIO NUNES CARVALHO (ORIENTADOR)
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE



SANDRO CÉSAR SILVEIRA JUCÁ (MEMBRO EXTERNO)
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE



GEORGE FREDERICK TAVARES DA SILVA
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE



MUCIO COSTA CAMPOS
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal do Ceará - IFCE
Sistema de Bibliotecas - SIBI

Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M929u Mourão, Oseias de Sousa.

Uso do Arduino como Ferramenta Motivacional para Aprendizagem de Física /
Oseias de Sousa Mourão. - 2017.
220 f. il. color.

Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal do Ceará, Mestrado Nacional
Profissional em Ensino de Física, Campus Sobral, 2017.
Orientação: Prof. Dr. João Claudio Nunes Carvalho.

1. Ensino de Física . 2. Arduino. 3. Automação . 4. Experimentação . I. Título.

CDD 530.07

*Dedico esta obra a minha linda esposa, Fátima,
que foi muito compreensível enquanto me
dedicava horas em experimentos e pesquisa.
Porém, não poderia deixar de tributar a alguém
muito especial, que surgiu na minha vida
exatamente no período de criação deste
Produto, minha filha Alice.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores do polo Mestrado Nacional Profissional em ensino de Física integrantes do polo UVA/IFCE por terem contribuído no processo de formação profissional, especialmente ao professor Doutor João Claudio Nunes Carvalho, por sua percepção e contribuição neste trabalho.

Aos meus alunos pelo apoio e contribuição na aplicação das atividades experimentais apresentadas nesta obra.

À Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e à SBF (Sociedade Brasileira de Física) pelo apoio financeiro e Iniciativa em promover o aprimoramento em um nível de pós-graduação *stricto sensu* a profissionais da educação básica.

Agradeço aos colegas de mestrado, cuja interação aos fins de semana proporcionou momentos de riquíssimo aprendizado.

À minha mãe, Izaura M. de S. Mourão, meu pai Ernesto da S. Mourão, meus irmãos Jessé, Dalila, Ávila e Edésio pelo apoio imprescindível.

RESUMO

Esta dissertação apresenta a análise e descrição de um Produto Educacional como proposta didática motivadora para a aprendizagem de Física, proposta sustentada na automação de práticas experimentais, especialmente na aquisição de dados por meio de sensores, atuadores e da interface de prototipagem Arduino. Este trabalho sintetiza as principais funcionalidades do Arduino e descreve a aplicação de 11 experimentos de Física com Arduino, abrangendo assuntos de cinemática, dinâmica, termometria, hidrostática e eletricidade. Os experimentos são apresentados em capítulos, que contêm um desses assuntos, e estruturados em introdução, objetivos, fundamentação teórica, lista de materiais necessários, esquema de montagem, o código fonte, instruções sobre a execução e coleta de dados; e finalmente, um tópico de questionamento e levantamento de hipóteses. Quanto à estruturação da metodologia da proposta didática, foram considerados alguns pressupostos das teorias da aprendizagem e principalmente das ideologias de John Dewey, que pressupõem um ambiente educacional multidisciplinar. Em relação às teorias da aprendizagem este trabalho faz referência principal à teoria de Vygotsky, uma vez que as atividades mediadas pelo professor, na aplicação dos experimentos, podem levar seus alunos a atingirem níveis de desenvolvimento mais elevados, isso enquanto interagem entre si, dialogando e compartilhando conhecimento.

Palavras-chave: Aprendizagem. Física. Automação. Arduino. Motivação.

ABSTRACT

This dissertation presents the analysis and description of an Educational Product as a motivational didactic proposal for the learning of Physics. The proposal is based on the automation of experimental practices, especially on the acquisition of data through sensors, actuators and the Arduino prototyping interface. This work synthesizes the main functionalities of Arduino and describes the application of 11 physics experiments with Arduino, covering topics on kinematics, dynamics, thermometry, hydrostatics and electricity. The experiments are presented in chapters, each one exploring one of these topics, and they are structured in introduction, objectives, theoretical basis, list of necessary materials, assembly scheme, source code, execution instructions and data collection; and finally, a section of questioning and hypothesis gathering. As for the structuring of the methodology of the Educational Product, some assumptions from the theories of learning and especially from John Dewey's ideologies, which presuppose a multidisciplinary educational environment, were considered. In relation to learning theories, this work makes a major reference to Vygotsky's theory, since the teacher-mediated activities in the application of the experiments can lead students to achieve higher levels of development, while interacting with each other, dialoguing and sharing knowledge.

Keywords: Learning. Physics. Automation. Arduino. Motivation

Lista de ilustrações

Figura 1 - Apresentação dos produtos oficiais Arduino.	22
Figura 2 - Imagem de um Arduino UNO..	24
Figura 3 - Imagem de um Arduino UNO em uma montagem de resistor	25
Figura 4 - Software IDE Arduino 1.8.4.	26
Figura 5 - Software IDE Arduino 1.8.4.	28
Figura 6 - Esquema da conexão entre computador e Arduino.	29
Figura 7 - Aparência do monitor serial.	29
Figura 8 - Esquema de montagem de sensores para estudo de cinemática.....	45
Figura 9 - Esquema para disposição dos sensores no trilho vertical.	53
Figura 10. Montagem para o Capítulo 5..	55
Figura 11 – Montagem para o Capítulo 6.	60
Figura 12 - Modelo de garrafa PET para experimento do Capítulo 8.	65
Figura 13 – Montagem para o Capítulo 8..	66
Figura 14 – Montagem para o Capítulo 9..	71
Figura 15 – Montagem para o Capítulo 10.	75
Figura 16 – Montagem para Capítulo 11..	78
Figura 17 – Montagem para o Capítulo 12..	83
Figura 18 - Alunos montando sensor de temperatura.....	89
Figura 19 - Sensor RGB. Dispositivo desenvolvido a partir de atividades experimentais referentes ao Capítulo 12 do Produto Educacional.....	90
Figura 20 - Testes com LDR. Momento de interação com alunos para verificar aplicabilidade da automação do experimento de Fotorresistividade.	90
Figura 21 - Apresentação do trabalho no dia 16 de dezembro de 2016 no estande 05 - Robótica educacional do Ceará Científico.	91
Figura 22 - Imagem do site de divulgação do Produto Educacional.	103

Lista de tabelas

Tabela 1 - Modelo de tabela para registro dos dados do Capítulo 2.....	48
Tabela 2 - Modelo de tabela para registro dos dados do Capítulo 3.....	51
Tabela 3 - Modelo de tabela para registro dos dados do Capítulo 6.....	62
Tabela 4 - Modelo de tabela para registro dos dados do Capítulo 7.....	64
Tabela 5 - Modelo de tabela para registro dos dados do Capítulo 8.....	69
Tabela 6 - Modelo de tabela para registro dos dados do Capítulo 9.....	73
Tabela 7 - Modelo de tabela para registro dos dados do Capítulo 11.	80
Tabela 8 - Modelo de tabela para registro dos dados do Capítulo 12	84

Lista de quadros

Quadro 1 - Os tipos de Laboratórios e suas características	16
Quadro 2 - Unidades de medidas fundamentais do Sistema internacional.....	18
Quadro 3 - Componentes usados na aplicação do Produto Educacional com suas respectivas características e funções.....	22
Quadro 4 - Estrutura de um novo sketch.	27
Quadro 5 – Fundamentação teórica para o Capítulo 2.....	44
Quadro 6 - Materiais e componentes para o Capítulo 2	45
Quadro 7 - Fundamentação teórica para o Capítulo 3	49
Quadro 8 - Fundamentação teórica para o Capítulo 4	52
Quadro 9 - Fundamentação teórica para Capítulo 5	54
Quadro 10 - Materiais e componentes para o Capítulo 5	56
Quadro 11 - Fundamentação teórica para Capítulo 6	58
Quadro 12 - Materiais e componentes para o Capítulo 6	59
Quadro 13 - Fundamentação teórica para Capítulo 7	63
Quadro 14 - Fundamentação teórica para Capítulo 8	64
Quadro 15 - Materiais e componentes para o Capítulo 8	66
Quadro 16 -Fundamentação teórica para Capítulo 9	70
Quadro 17 - Materiais e componentes	71
Quadro 18 - Fundamentação teórica para o Capítulo 10	73
Quadro 19 - Materiais e componentes para o Capítulo 10	74
Quadro 20 - Fundamentação teórica para o Capítulo 11	77
Quadro 21 - Materiais e componentes para o Capítulo 11	77
Quadro 22 - Fundamentação teórica para o Capítulo 12	81
Quadro 23 - Materiais e componentes para o Capítulo 12	82

Lista de gráfico

Gráfico 1 - Taxa de rendimento da Escola Liceu de Tianguá em 2016, segundo censo escolar 2016.	93
--	-----------

Lista de abreviaturas e siglas

CGPM	Convenção Geral de Pesos e Medidas
GND	<i>Ground</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
LDR	<i>Light Dependent Resistor</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
MCU	Movimento Circular Uniforme
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
MUV	Movimento Uniformemente Variado
PDF	<i>Portable Document Format</i>
PE	Produto Educacional
PET	Politereftalato de etileno
PWM	<i>Pulse-Width Modulation</i>
RBEF	Revista Brasileira de Ensino de Física
RGB	<i>Red Green Blue</i>
RPM	Rotações Por Minuto
SBF	Sociedade Brasileira de Física
SI	Sistema Internacional de Unidades
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
ZDP	Zona de Desenvolvimento Proximal

Sumário

Lista de ilustrações	9
Lista de tabelas	10
Lista de quadros	11
Lista de gráfico	12
Lista de abreviaturas e siglas	13
1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO DA LITERATURA	21
2.1 A plataforma Arduino	21
2.2 O uso do Arduino para o ensino de Física.....	30
2.3 A notoriedade internacional do Arduino	33
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	35
3.1 Aspectos motivacionais para o aprendizado	35
3.2 Trabalhos fundamentais sobre as teorias da aprendizagem e filosofias da educação.....	37
4 METODOLOGIA	41
4.1 Aspectos gerais do ebook.....	41
4.2 Aspectos específicos e orientações de uso	43
4.2.1 A plataforma Arduino (Capítulo 1)	43
4.2.2 Movimento Uniforme (Capítulo 2)	44
4.2.3 Movimento Uniformemente Variado (Capítulo 3)	49
4.2.4 Aceleração Gravitacional (Capítulo 4)	52
4.2.5 Movimento Circular Uniforme (Capítulo 5)	54
4.2.6 Força Peso (Capítulo 6)	58
4.2.7 Lei de Hooke (Capítulo 7)	63
4.2.8 Hidrostática, Empuxo (Capítulo 8).....	64
4.2.9 Escalas Termométricas (Capítulo 9).....	70
4.2.10 Lei Zero da Termodinâmica (Capítulo 10)	73
4.2.11 Primeira e Segunda Lei de Ohm (Capítulo 11)	76
4.2.12 Fotorresistividade de um semiconductor (Capítulo 12)	81
4.3 Implementação em sala de aula	84
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	88
5.1 O contexto Escolar, aplicações e relatos	88
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	94
REFERÊNCIAS	96
Anexo 1 – Projeto de 2016.....	99

Anexo 2 – Projeto de 2017.....	100
APÊNDICE A – Folha de Depoimento e Sugestões.....	101
APÊNDICE B – Termo de autorização de imagem (menor de idade).....	102
APÊNDICE C - O Produto Educacional	103

1 INTRODUÇÃO

A curiosidade e a capacidade criativa do ser humano o leva a viver em constante transformação, produzindo continuamente erudição, costumes e hábitos. O conhecimento da Física, como parte da cultura humana, sempre foi precedido por uma motivação dominante. Já no século VI a.c. especulava-se sobre a natureza do universo, o filósofo Tales de Mileto conjecturava que a essência, substância dita primordial, fosse a água. Muitos outros filósofos também se dedicaram a essa questão, revelando uma motivação natural para a produção de conhecimento. Agora com outro viés, tem-se o ensino de Física, pouco atrativo e desmotivante, contribuindo parcamente para a formação científico-cultural de muitos jovens brasileiros, eis aqui o cerne do problema abordado neste trabalho.

Tamanha discrepância, entre a curiosidade nata de um indivíduo e o ensino de Física atual, deve-se parcialmente à falta de elementos instigantes nos processos de aprendizagem. A motivação para a aprendizagem tem inúmeros fatores, entre eles há questões intrapessoais que levam o indivíduo a dedicar-se mais a determinados assuntos (Ribeiro, 2011), mesmo que o resultado dessa dedicação o conduza à quebra de certos paradigmas. Com foi o caso de Nicolau Copérnico, astrônomo e matemático polonês idealizador do modelo heliocêntrico para o sistema solar, apresentado em sua obra intitulada *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, que marcou o início de uma ruptura com o modelo aceito pela Igreja Católica na idade Média, o Geocêntrico (Sobel, 2011). Influenciado por Copérnico e outros personagens históricos, Giordano Bruno também se interessou por temas polêmicos, entre os quais, a ideia de diversos mundos. O confronto inevitável com a Igreja Católica, frente a sua ideologia, o levou à morte (White, 2003).

Do ponto de vista epistemológico a estruturação do conhecimento ocorre mediante alguma motivação, fomentada pela busca da verdade, ou de elementos que auxiliam na compreensão da Natureza, elementos que após classificados agrupam-se em saberes específicos.

Galileu Galilei, conhecedor das ideias copernicanas e instrumentalizado por um método mais eficiente de se fazer ciência foi capaz de demonstrar suas ideias. A grande expressão científica de Galileu faz transparecer a importância de conhecimentos prévios, seja de ideologias ou de instrumentos. Quais seriam as contribuições de Galileu se não tivesse

conhecido a *trompa Holandesa*, em viagem a Veneza? Logo melhorou o instrumento para suas observações, que passou a ser conhecido na Itália como telescópio (Schwartz, 1992); suas observações concordaram com o modelo heliocêntrico. Ainda sobre a relevância de conhecimentos prévios, o astrônomo alemão Johannes Kepler com seus conhecimentos matemáticos e dos dados coletados em inúmeras observações de Marte, feitas pelo astrônomo dinamarquês Tycho Brahe, desenvolveu as leis fundamentais da mecânica celeste (Voelkel, 1999).

É notável que a ciência é naturalmente atrativa, mas quando torna-se parte de um programa de ensino sua compreensão pode ser tediosa, principalmente quando o ensino é baseado apenas em pressupostos. É provável que um programa de ensino suportado por experimentações seja muito mais produtivo. A exemplo, mesmo sem uma educação científica formal, o britânico Michael Faraday foi um experimentalista excepcional, que contribuiu significativamente para a formulação da teoria eletromagnética, dentre várias descobertas e invenções, a indução eletromagnética é a mais importante (Russel, 2000). Com o acúmulo de conhecimento científico e principalmente com a inserção da linguagem matemática, algumas áreas da ciência necessitam de uma transposição didática apropriada do conhecimento acadêmico (Chevallard, 2013) e de uma método de ensino facilitador que se aproxime da natureza instigante da Ciência (Dewey, 2015).

Logo, com o objetivo de promover um ensino atraente o professor deve inserir o laboratório em suas ações. A relevância do laboratório de ciência é inquestionável, pois a prática experimental consolida a aula teórica, extrapolando a abstração dos conceitos e relações estabelecidas durante a exposição teórica de um conteúdo. Em virtude desta importância, as discussões sobre o tema têm conduzido algumas pesquisas sobre o laboratório didático de Ciências, surgindo classificações quanto ao método empregado. Filho (2000), apresenta algumas concepções relativas à organização das práticas experimentais nos laboratórios de ciência. A seguir, o **Quadro 1** apresenta os principais tipos de laboratórios.

Quadro 1 - Os tipos de Laboratórios e suas características

Tipos de Laboratório	Características
Laboratório Convencional	Tradicionalmente esse tipo é o mais praticado, o desenvolvimento da atividade é função de agrupamentos de alunos, que seguem estritamente um roteiro. O roteiro e a orientação do professor definem os resultados a serem obtidos, que devem compor obrigatoriamente um relatório final, com tabelas, gráficos e considerações sobre as informações colhidas. A falta de flexibilidade, impede extrapolações e novas conclusões sobre a teoria, ou seja, o laboratório funciona mais como uma atividade de exercício de caráter prático.

Experiências de Cátedra	Também conhecido como laboratório de demonstração, esse tipo de prática é atribuído integralmente ao professor, que realiza o experimento a fim de complementar algum conteúdo, tornando a aula mais atrativa.
Laboratório divergente	As atividades para este tipo de laboratório apresentam grande flexibilidade, diferentemente do laboratório convencional. Neste tipo de laboratório há duas etapas distintas, a primeira, coletiva para domínio dos experimentos a serem realizados; a segunda etapa consiste na realização do experimento escolhido pelo próprio aluno, que estabelecerá seus objetivos, hipóteses é um método conveniente.
Laboratório de projetos	Esse tipo de laboratório tem como objetivo a experimentação de certos temas para a produção de novos conhecimentos ou produtos, segundo Pinho Alves (2000, p. 47) é “ <i>ofertado nos últimos estágios de formação</i> ”
Laboratório biblioteca	Inspirado no laboratório convencional, porém experimentos rápidos, o que permite várias práticas durante o progresso do curso. O roteiro das práticas é não flexível, mas com uma quantidade menor que método tradicional.
Laboratório <i>fading</i>	Esta metodologia se baseia no laboratório convencional, mas com mudanças progressivas, à medida que o aluno avança nas atividades, propostas mais flexíveis surgem, em virtude da sintetização do roteiro o aluno é desafiado implementar seu próprio método, obvio, com a orientação do professor.

Fonte: Filho (2000).

A pesquisa de Filho (2000) apresenta outras metodologias para o laboratório didático. O destaque para estes laboratórios apenas, é em razão da importância dos mesmos na aplicação do Produto Educacional apresentado neste estudo, produto que consiste em uma seleção de práticas de Física automatizadas, constituindo um *ebook* denominado **Arduino & Ensino de Física, Automação de Práticas Experimentais**. Após apropriar-se do teor de cada seção experimental do *ebook*, o professor decide que metodologia será mais útil para o alcance dos seus objetivos pedagógicos.

Entretanto, a utilização pelo professor das características do laboratório convergente, *fading* e de projetos na aplicação de determinada seção do *ebook* é interessante por não limitar o estudo do tema. O alcance máximo da experiência é determinado pelo procedimento e motivação do próprio aluno.

As características organizacionais do laboratório de projeto são muito úteis para formação profissional além de exigir mais recurso para sua execução, mas nada impede que este método seja usado no ensino médio, com limitações financeiras e no rigor científico; e não deixa de ser uma forma estimulante de educação científica e de influência para ingresso em curso superior de áreas afins ao projeto desenvolvido.

Entretanto, para o desenvolvimento de algum experimento científico, seja no âmbito da pesquisa ou do laboratório didático a realização de medidas é uma tarefa recorrente, essencial

para a obtenção de dados. As principais informações colhidas durante um experimento na área de Física são quantitativas, em função da modelagem teórica que normalmente é matemática. Assim, ao longo da história da Ciência ocorreram padronizações nas medidas de certas grandezas físicas, a Convenção Geral de Pesos e Medidas – CGPM- organizada a partir de 1889 vem definindo unidades de medidas, notações e regras para as medidas, estruturando o Sistema Internacional de Unidades - S.I., conforme **Quadro 2**:

Quadro 2 - Unidades de medidas fundamentais do SI.

Grandeza	Unidade	Símbolo
Comprimento	Metro	M
Massa	Quilograma	Kg
Tempo	Segundos	S
Corrente elétrica	Ampère	A
Temperatura termodinâmica	Kelvin	K
Quantidade de substância	Mol	Mol
Intensidade luminosa	Candela	Cd

Fonte: <https://www.bipm.org>

A grandeza fundamental mais utilizada neste trabalho é o metro, cuja última definição é baseada no comprimento que a luz percorre no vácuo em um intervalo de tempo de $1/299\,792\,458$ segundos.

Essas especificações na área científica são fundamentais para que o diálogo e as contribuições coletivas transcorram sem divergências.

Para que ocorra a aquisição das medidas sempre é necessário a utilização de instrumentos de medidas convenientes. A precisão das medidas, importante para o estudo de determinado tema, depende das características do instrumento e da maneira em que a medida é realizada. Logo, a evolução dos equipamentos e das técnicas aplicadas às medidas têm permitido a comprovação de teorias científicas complexas, que exigem certa sofisticação e refinamento dos aparelhos usados na investigação. Para o laboratório didático a diversidade de instrumentos de medida é essencial para abordagem prática dos diversos conteúdos de Física, mas a alta precisão dos instrumentos não é uma exigência, já que a intenção não é consolidar alguma teoria, mas comprovar por aproximação algumas relações já estabelecidas, ilustrando e complementando as aulas de Física.

Todavia, com a consolidação da eletrônica, inúmeros dispositivos, sensores e microcontroladores têm sido usados na automatização de processos de aquisição de dados experimentais, mesmo para fins didáticos, e apresentam eficiência nunca vista no ensino de ciências. Associado a uma linguagem de programação computacional de alto nível, a aquisição de dados através de dispositivos eletrônicos tem facilitado a pesquisa e o ensino de Física, pois experimentos que demandam muito tempo de monitoramento e coleta de informações podem ser automatizados e os dados armazenados para análises futuras.

Para fins didáticos e de prototipagem algumas interfaces eletrônicas têm se destacado globalmente, como o Arduino e o *Raspberry Pi*¹, esta com maior capacidade de processamento, já o Arduino é utilizado principalmente em sistemas de automação no controle lógico de sensores e atuadores. Portanto, em função dos objetivos do *ebook*, as automações dos experimentos, para aquisição de dados, serão feitas através da plataforma Arduino, que aliás, pode ser considerado uma multiplataforma *open source*², pois constitui uma variedade de *software*, *hardware* e documentação. Essa liberdade permite que *hobistas*, inventores, pesquisadores, professores e estudantes possam desenvolver e aplicar livremente suas ideias.

Enfim, até aqui foi apresentado o tema a ser tratado, a questão da falta de motivação para aprendizagem de Física, e a ferramenta que auxiliará na solução do problema, a plataforma Arduino. Portanto, na seção subsequente serão apresentados alguns trabalhos acadêmicos que já fizeram uso do Arduino como ferramenta experimental (Seção 2). Os aspectos da motivação para a aprendizagem são apresentados na fundamentação teórica, complementarmente a teoria de Vygotsky e os princípios pragmáticos de John Dewey no âmbito da educação (Seção 3). As estratégias que geraram o Produto Educacional e os aspectos gerais e específicos dos mesmos são abordados na Seção 4, onde também é exposto detalhes da implementação das atividades desenvolvidas. Os resultados da implementação em sala de aula são detalhados na Seção 5, onde o método revela-se naturalmente motivante para ensino e aprendizagem de Física. A experiência durante a aplicação das atividades revelou-se abrangente, além de motivante, uma vez que não limita o método nem tão pouco a diversidade dos temas de Física, portanto, novas perspectivas são expostas na última seção deste trabalho.

¹ Um computador de baixo custo e alto desempenho com *Hardware* miniaturizado, integrado em uma única placa. O *Raspberry* é destinado a inclusão digital, produto da Fundação *Raspberry Pi* localizada no Reino Unido, a placa é ideal para aprender programação e desenvolver automação que exija maior capacidade de processamento. Mais informações em <https://www.raspberrypi.org>.

² A definição do *Open Source* foi criada pela *Open Source Initiative* (OSI) baseado no texto da *Debian Free Software Guidelines*, desenhando um programa de código aberto e que este deve garantir: Distribuição livre, Código fonte, Trabalhos Derivados, entre outras garantias relacionadas à licenças.

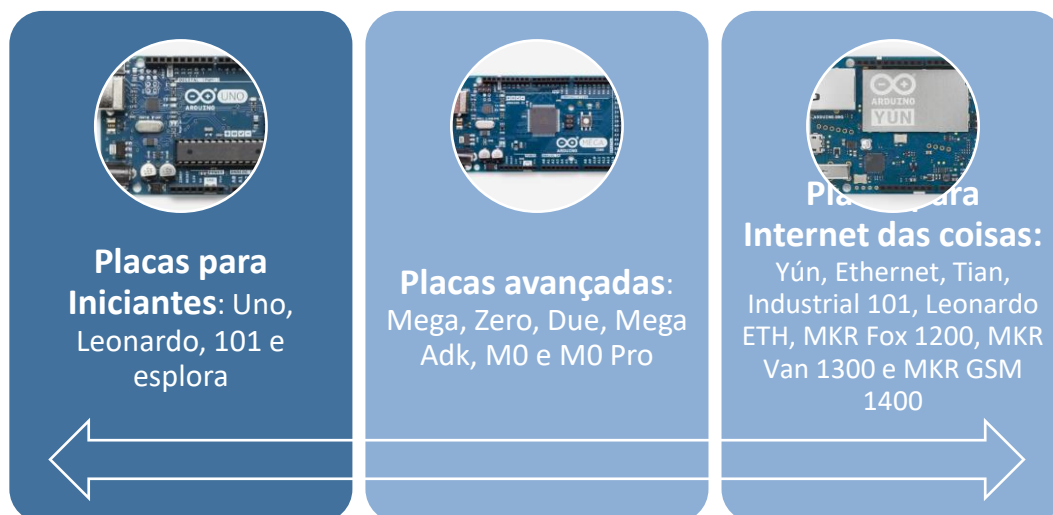
2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A plataforma Arduino

A proposta original do projeto Arduino de Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino e David Mellis, iniciou em Ivrea, comuna italiana, no *Interaction Design Institute*, início dos anos 2000. Inspirados pelo projeto *Processing*, linguagem que ensina programação no cenário das artes visuais, e do projeto de Hernando Barragan relacionado às placas eletrônicas -*Wiring board*³, conseguiram tornar mais acessível a prototipagem de projetos envolvendo eletrônica e programação. Assim, as primeiras placas começaram a ser usadas em 2005, a fim de auxiliar estudantes com pouco ou nenhum conhecimento em eletrônica no desenvolvimento de produtos tecnológicos.

Especificamente, a interface Arduino consiste em uma placa única com um microcontrolador Atmel e estrutura integrada para entrada analógica e entrada/saída digital. Todos esses recursos de hardware podem ser controlados por meio de uma linguagem de programação fundamentada em C/C++.

Há uma variedade de produtos similares, mas os produtos Arduino oficiais são descritos a seguir na **Figura 1**:



³ Termo em inglês que se refere a placa de circuito impresso. O modelo apresentado na tese de Hernando Barragan influenciou a implantação do projeto Arduino. A tese pode ser encontrada em http://people.interactionivrea.org/h.barragan/thesis/thesis_low_res.pdf.

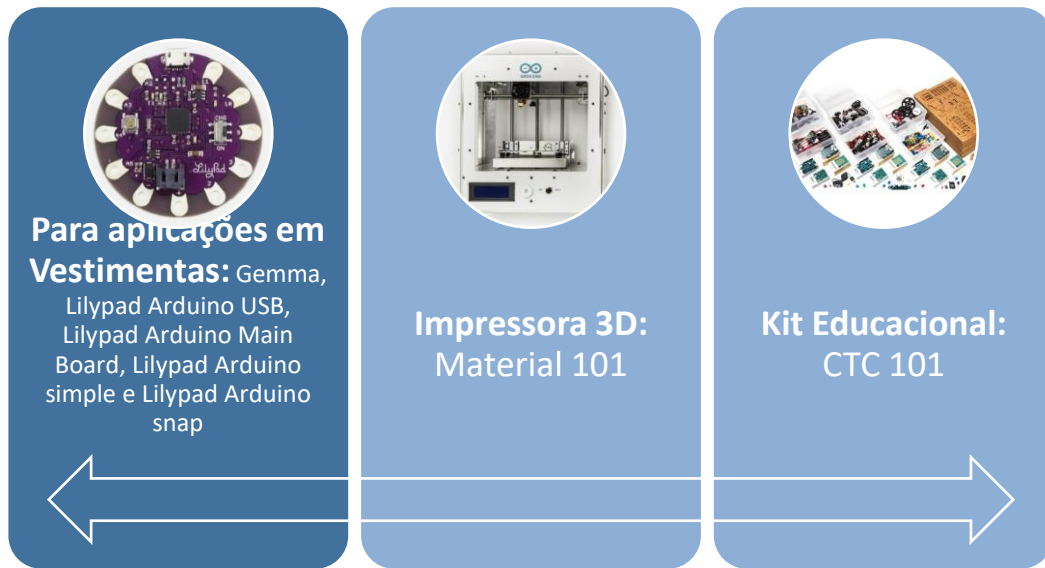


Figura 1 - Apresentação dos produtos oficiais Arduino. Note a diversidade dos produtos, que variam desde placas simples para iniciantes às interfaces mais avançadas.

Fonte: arduino.cc/en/Main/Products.

Com o sucesso do Arduino, versões diferentes foram desenvolvidas com finalidades distintas. As placas podem ter suas funcionalidades estendidas com a implementação de *shields*, que são recursos extras, como o *Ethernet shield V2* que possibilita a conexão do seu Arduino com a *Internet*.

Para o desenvolvimento de experimentos alguns *Shields* podem ser montados em uma *protoboard* e o que potencializa a função destas montagens são os componentes e acessórios constituintes. Neste trabalho destacam-se, conforme o **Quadro 3**, os seguintes componentes:

Quadro 3 - Componentes usados para as automações com suas respectivas características e funções.

Componentes	Características e funções
Buzzer	Dispositivo piezelétrico útil na geração de um sinal sonoro.
Fios jumpers	Fios condutores flexíveis com extremidades rígidas para conexão entre componentes, <i>protoboard</i> e pino do Arduino.
Fotodiodo	Componente semiconductor conversor de luz em corrente elétrica. Os fotodiodos usados neste projeto são usados como sensores sensíveis à luz infravermelha.
Ímã de neodímio	Compostos de neodímio, ferro e boro, tais ímãs possuem campo magnético bastante intenso, muito útil em experimentos de física para estudo do campo magnético e fenômenos de indução eletromagnética.

Laser	Dispositivo emissor com resistor integrado pronto para ser ligado no Arduino, na tensão de 5 volts. O tipo usado nos experimentos do <i>ebook</i> possui potência de 5mW.
LDR	Resistor dependente de luz. Muito usado como sensor de luminosidade, pois é sensível à luz visível. Esse componente tem sua resistividade elétrica alterada em função da intensidade luminosa, portanto pode ser usado como experimento de Física, testando a 2ª lei de Ohm.
LED	Diodo emissor de Luz. Esse componente tem uso recorrente nas automações como indicador de algum estado ou como fonte luminosa para algum sensor. Para este último caso optou-se, convenientemente, usar o LED Infravermelho. Notar que o LED possui polaridade definida, deixando a corrente fluir apenas em um único sentido; logo, para determinar a polaridade basta notar a diferença de tamanho nos terminais do LED, o maior possui polaridade positiva e o menor, polaridade negativa.
Potenciômetro	Consiste em um dispositivo com resistência elétrica variável. Muito útil para o controle da tensão elétrica em certos trechos de um circuito.
<i>Protoboard</i>	É uma placa de ensaio pronta para realizar conexões entre diversos componentes eletrônicos, os furos em uma mesma coluna na <i>protoboard</i> estão conectados por um condutor. Nas extremidades da placa existem linhas que estão conectadas, ideal para extensão da fonte de energia.
Push-Button	Chave tátil para alterar estado lógico de um pino digital.
Resistor	Componente com resistência elétrica específica. Nos experimentos apresentados no <i>ebook</i> os resistores estão especificados quanto à resistência, conforme o código de cores.
Sensor de temperatura LM35	Este sensor apresenta uma boa precisão para medida de temperatura. Um dos terminais mantém tensão elétrica linear proporcional à temperatura, especificamente, 10mV para cada grau Celsius.
Sensor ultrassônico	Dispositivo emissor e receptor de sinal sonoro ultrassônico, ideal para sensor de distância.
Termistor	Consiste em um resistor cuja resistência elétrica é determinada pela temperatura onde se encontra.
Transistor de efeito hall	Componente transdutor capaz de detectar a polaridade magnética, podendo reverter o estado lógico de um pino de digital no Arduino em função do polo magnético detectado. Em uma das práticas de Física foi utilizado um transistor de efeito Hall denominado S41.
Transistor MF102	Transistor de efeito de campo, que pode ser utilizado como detector de cargas elétricas.

Fonte: do autor.

Esses componentes contribuem significativamente para a captação de dados, facilitando a análise e comprovação de algumas teorias, o que justifica a escolha da plataforma para uma experimentação mais motivante.

A utilização de um Arduino envolve basicamente controle dos pinos disponíveis na placa, cuja quantidade depende da versão em uso. No Arduino UNO, o mais popular, há 14 pinos digitais (0 -13) e 6 entradas analógicas (A0 -A5).



Figura 2 - Imagem de um Arduino UNO. Na imagem, os pinos digitais estão localizados na região superior, os pinos analógicos na região inferior. Na região inferior esquerda, o bloco de pinos contém um pino de 5 volts e outro de 3,5 volts.

Fonte: arduino.cc.

Os pinos digitais podem ser configurados como entrada ou saída digital, operando em um nível lógico alto ou baixo, correspondendo a 5 e 0 volts. A configuração de um pino digital como entrada é útil quando deseja-se registrar alguma informação externa, portanto, para medidas sem ruído, o pino deve ser montado com um resistor de *pull-down*, que define o pino como *baixo*; ou com um resistor de *pull-up*, que define o pino como *alto*. Como exemplo para o primeiro caso (*pull-down*), se uma chave tátil conectada for pressionada o estado lógico do pino muda para alto; no caso *pull-up* ao pressionar a chave o pino mudará para *baixo*. ver esquemas na **figura 3** para melhor esclarecimento.

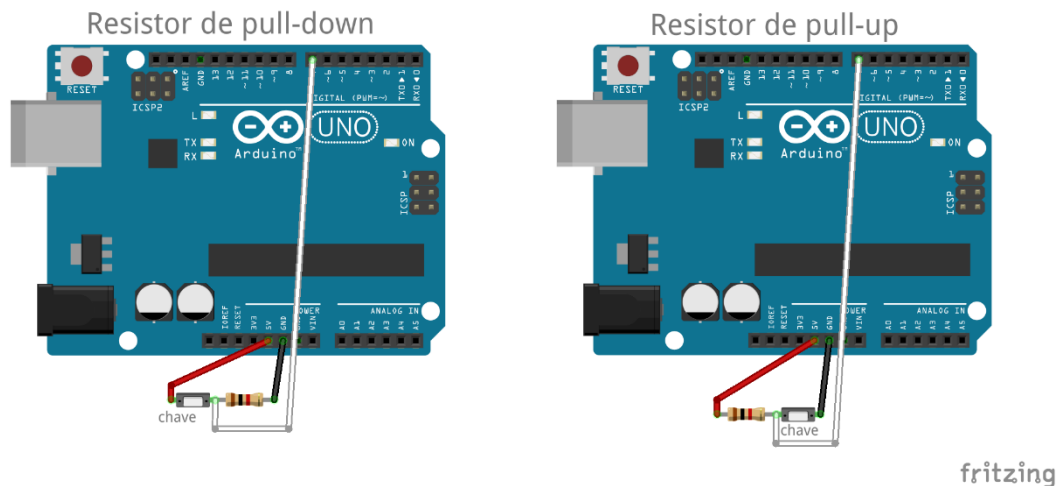


Figura 3 - Imagem de um Arduino UNO em uma montagem de resistor de *pull-down* e resistor de *pull-up*. Ambos com chave tátil. Na montagem com resistor pull-down o pino digital 7 está ligado diretamente no GND, que equivale a um potencial de 0 volt, logo o estado lógico será baixo, observe que a conexão com o pino 5 volt (fio vermelho) está interrompida pela chave, quando essa chave for pressionada o estado lógico muda para alto.

Fonte: Imagem do autor extraída e editada no *Fritzing*.⁴

Se a intenção for utilizar um pino digital como saída digital, o mesmo poderá fornecer dois estados lógicos, ou *alto* ou *baixo*. Tais configurações dos pinos digitais é feita na programação e normalmente é usado as expressões HIGH e LOW para indicar os estados lógicos respectivos a 0 e 5 volts. Se um determinado pino está configurado como saída é possível acender e apagar um LED, por exemplo.

Os pinos correspondentes as entradas analógicas operam em uma faixa de valores de 0 a 1023, em razão da resolução do conversor analógico-digital do Arduino UNO que é de 10 bits, correspondente ao ranger de tensão de 0 a 5 volts, previamente definido no Arduino. Ou seja, a faixa de 0 a 5V será representada por 1024 valores discretos. Normalmente os sensores são ligados aos pinos analógicos. Tais sensores, de acordo com suas características, fornecem valores analógicos de 0 a 5 volts que é convertido pelo Arduino para valores discretos até 1023; isso pode ser muito útil na automação.

Alguns pinos digitais podem ser usados ainda como saídas analógicas, por meio da geração de uma onda quadrada - PWM. Neste caso o resultado analógico é simulado pelo controle da largura da onda, que significa controlar o percentual de tempo que a onda permanecerá em um estado lógico alto, podendo gerar valores de 0 a 255; em termos da tensão

⁴ O *Fritzing* é um sistema de *software open-source* ideal para o design de hardware eletrônico, programação e com o banco de imagens predefinidas ou editáveis. Sistema muito útil para simular montagem de protótipos envolvendo Arduino e seus componentes, em função da quantidade de imagens relacionadas. Mais informação sobre o software e download em: fritzing.org.

elétrica, esses valores no pino podem ser de 0 a 5 volts. Logo, o PWM pode ser usado para controlar a velocidade de um motor, a posição de um servo ou mesmo o brilho de um LED. Para descobrir qual pino pode ser usado como PWM basta identificar o pino que contém o caractere ~.

O software que permite a programação é o Arduino IDE, que facilita a criação do código, normalmente denominado de *sketch*, e carregamento na memória *flash* do Arduino. Para o desenvolvimento das automações contidas no *ebook* foi utilizado o Arduino 1.8.4. É possível instalar e executar este software nos sistemas operacionais Windows, Mac e Linux. O download do programa pode ser feito no site <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>. Além dessa opção há a opção de trabalhar online com o Arduino Web Editor, disponível no mesmo site.

Após instalação do software, sua utilização estará quase pronta, necessitando de uma breve configuração, que consiste na especificação do tipo de Arduino utilizado e a porta COM. Assim, sabendo do tipo de Arduino, basta acessar a opção *ferramentas* na barra de menu e selecionar a placa correta, veja:

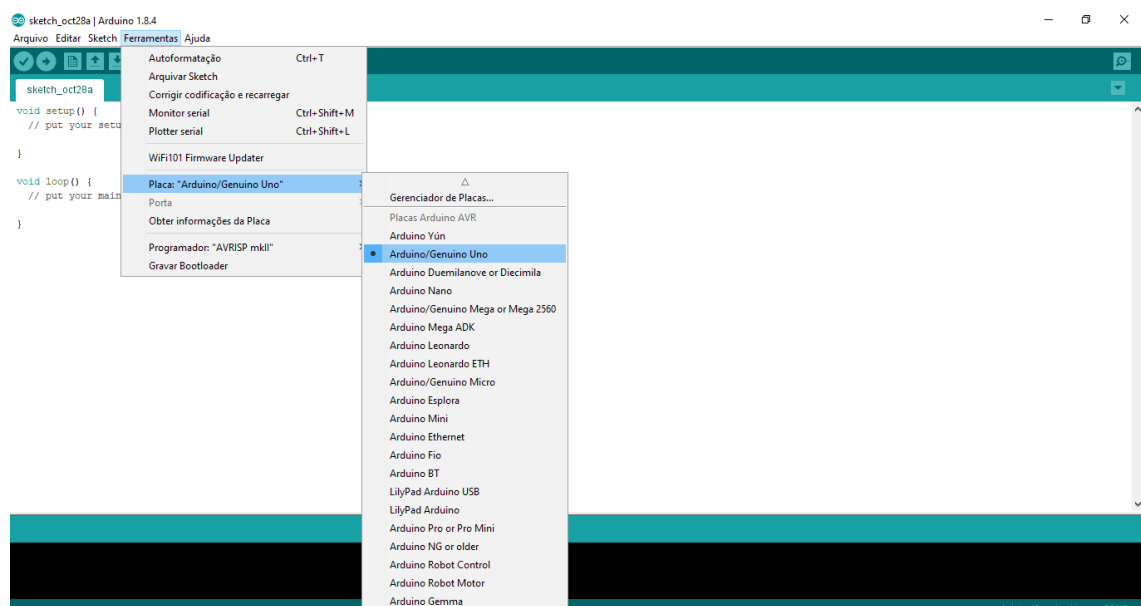


Figura 4 - Software IDE Arduino 1.8.4. Após a instalação do software é necessário especificar a versão da placa que será utilizada, opção disponível em ferramentas, no menu do programa.

Fonte: do autor.

Após conectar o Arduino no computador será possível selecionar a porta COM apropriada, normalmente a porta COM3. Essa alteração pode ser feita também na opção *ferramentas*.

Os *sketches* do Arduino são divididos em três partes básicas, estrutura, variáveis e funções. A estrutura apresentada ao criar um novo *sketch* é a seguinte:

Quadro 4 - Estrutura de um novo *sketch*.

```
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:

}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:

}
```

Fonte: Arduino.cc

As estruturas *setup()* e *loop()* são imprescindíveis na programação. Quando o Arduino for iniciado a função *setup()* será executada uma única vez, iniciando variáveis, definindo as configurações dos pinos digitais ou incluindo bibliotecas. Logo em seguida, a função *loop()* inicia e se repete executando seu conteúdo. Há algumas estruturas de controle que, inclusive serão recorrentes neste trabalho, como o: *if* e *if...else*, por exemplo. Quanto à sintaxe é exigido no final de uma linha o “ponto e vírgula” e para inserção de comentários usa-se *//* para uma linha ou */* */* para comentários multilinhas. Pode se usar operadores aritméticos, booleanos, comparativos ou de atribuição, conforme necessidade lógico-matemática.

As variáveis são necessárias na programação para guardar valores, e devem ser declaradas no programa com a indicação do tipo de variável. Por exemplo, os valores lidos pela entrada analógica A0, devido a um sensor conectado nesta entrada podem ser armazenados em uma variável, cuja denominação é atribuída ao programador, por exemplo: *int valorSensor=analogRead(A0);* neste caso, sugestivamente, os valores do sensor ficam armazenados na variável denominada *valorSensor*. O tipo de variável é especificado pela expressão *int*. Esse tipo é sempre usado para armazenar valores inteiros desde -32.768 a 32.767. Para armazenar valores maiores é preciso usar outros tipos de variáveis, como a variável *long*. No site oficial do Arduino <http://playground.arduino.cc/Portugues/Referencia> há uma lista com outros tipos e exemplos.

As funções também são usadas constantemente e são expressões já definidas na arquitetura do software, ou que podem ser criadas pelo programador como um bloco de códigos

com finalidade específica. No exemplo anterior aparece a função *analogRead()* que já vem previamente definida no software; essa função faz a leitura da entrada analógica especificada nos parênteses.

Após criar um *sketch* ou colar um já pronto pode ser feito um teste que verifica se há algum erro de edição, clicando no “v” na barra de menu, veja indicação na **figura 5**.



Figura 5 - Software IDE Arduino 1.8.4. Ao editar algum *sketch* verifique se não há algum erro, clicando no botão conforme indicação da imagem, ou use as teclas *ctrl+R*. A verificação consiste na compilação do *sketch*, convertendo em algo que faça sentido à placa.

Fonte: do Autor.

Carregar o *sketch* – o código – é bem simples, o software do Arduino faz quase todo o serviço, necessitando apenas que o programador faça o carregamento à placa, o termo mais comum para esse procedimento é o *upload*. Consiste em clicar no botão contendo a seta orientada para a direita, na barra de menu, ou simplesmente pressionando as teclas *ctrl+U* no teclado do computador.

Após essa verificação, caso não haja erro, basta carregar o código na placa Arduino devidamente conectada no computador. A conexão entre o Arduino e o computador é feita por meio de um cabo USB A-B, o mesmo tipo de cabo usado para conexão entre computador e impressora – **Figura 6**.

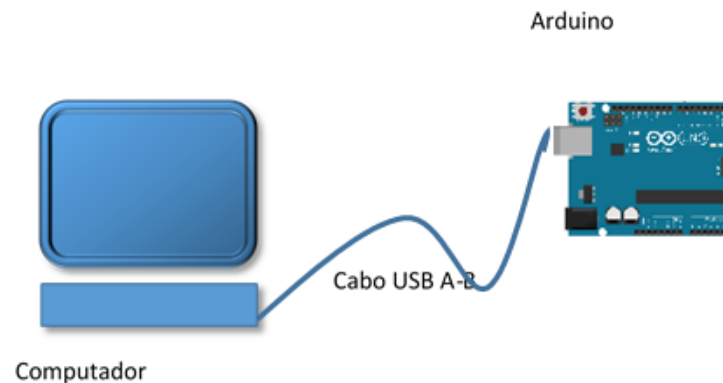


Figura 6 - Esquema da conexão entre computador e Arduino. Usar cabo USB do tipo A-B, mesmo tipo usado em conexões entre computador e impressora.

Fonte: do autor.

Evidentemente, mesmo para quem não tem tanta familiaridade com programação e conhecimento sobre eletrônica é possível montar e executar algum projeto com sucesso.

A monitoração de um experimento e coleta de dados, como é o caso dos experimentos de Física propostos no *ebook* são facilitadas por uma ferramenta disponível no Arduino IDE, o monitor serial - **Figura 7** - que pode ser iniciado quando a placa está conectada no computador.

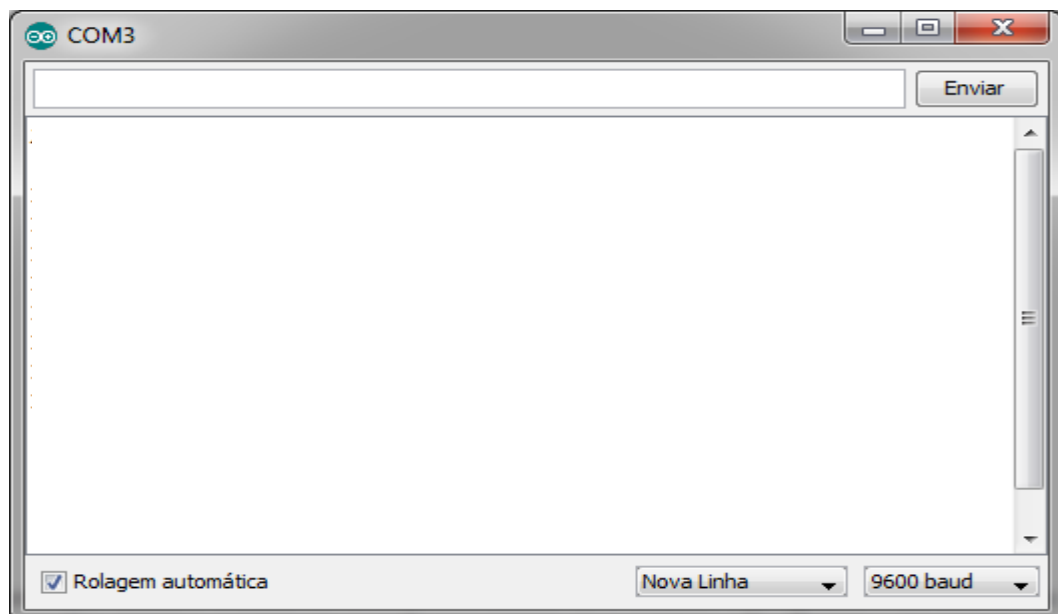


Figura 7 - Aparência do monitor serial. Essa interface exibirá os dados experimentais e onde ocorrerão algumas interações. Todos os experimentos deste produto necessitam do monitor.

Fonte: do autor.

O monitor serial é a interface de exibição de dados e de interação. Todos os experimentos apresentados aqui usam o monitor serial, onde grandezas, como velocidade, aceleração, tempo, força, temperatura e resistência elétrica são imprimidas. Alguns experimentos aceitam a inserção de valores de entrada no monitor serial, alterando convenientemente alguns parâmetros da programação. Para utilização do monitor é necessário iniciar e especificar a taxa de transmissão, isso é feito pela função *Serial.begin(9600)* dentro do *void setup()*. Para abrir o monitor deve-se acessar no menu a opção ferramentas, ou usar o atalho *ctrl+shift+m*, no teclado do computador.

2.2 O uso do Arduíno para o ensino de Física

Essa seção apresenta trabalhos publicados pela Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF) desde a popularização da placa Arduíno, para garantir que todos trabalhos com essa temática fossem evidenciados, edições de 2005 a 2017 foram exploradas, compreendendo o volume 27 ao 29. A análise preliminar dos trabalhos indicou que os mesmos constituem propostas didáticas, e que consistem essencialmente na coleta e análise de dados, para estudo de fenômenos da natureza e, conseqüentemente, possibilitar o aprendizado da Física, desde o ensino básico à graduação. Além da acessibilidade na aquisição de dados, presentes em todos os trabalhos analisados, destacam-se outros benefícios para o ensino de Física: a precisão nos experimentos, a abordagens de problemas ambientais, metodologias fundamentadas em teorias da aprendizagem e o ensino de temas de Física contemporânea.

Nos trabalhos analisados, cujos temas envolvem uso de microcontroladores, a plataforma Arduíno é dedicada para obtenção de dados. As coletas dos dados ocorrem mediante a operação dos sensores ligados ao Arduíno. Tal recurso é extremamente relevante para a compreensão de certos aspectos da Natureza. Logo, quando se criam aparatos para observá-la, há a expectativa em contribuir no rigor de alguma hipótese, ou falseá-la.

Portanto, os tipos de sensores e a maneira que os dados podem ser tratados fazem desse tipo de microcontrolador uma ferramenta bastante útil na elaboração de experimentos de Física, seja para corroborar um teoria, ou mesmo para fazer previsões, ou identificar padrões fenomenológico no âmbito da Física, como é o caso da atividade de investigação de marés atmosféricas abordado por Carvalho & Amorim (2014), usando a placa Arduíno para coleta de dados atmosféricos; uma atividade prática, útil no estudo de assuntos de Física, neste caso, Física Térmica.

O enfoque puramente teórico é enfadonho, mas quando certos temas são discutidos através de experimentos a curiosidade surge trazendo mais motivação. O problema é quando os resultados experimentais apresentam discrepâncias em relação à teoria. Conhecendo os recursos do Arduíno e os *shields*, que correspondem a uma extensão de componentes eletrônicos e servem para expandir as funcionalidades do Arduíno, o professor de Física beneficia-se da qualidade dos dados coletados, que para fins didáticos apresentam notável precisão. A exemplo, Cordova & Tort (2016) apresentam um experimento para aferição da aceleração da gravidade em uma escola de ensino médio do Rio de Janeiro. Usando um Arduíno Mega, obtêm um valor de $9,778\text{m/s}^2$ com um desvio padrão de $0,012\text{m/s}^2$, o valor foi comparado com a medida obtida pelo Observatório Nacional do Rio de Janeiro. Segundo o autor, a utilização do Arduíno é um meio acessível financeiramente para desenvolvimento de práticas experimentais de Física com boa precisão, sem a necessidade de aparatos mais caros, típicos dos laboratórios de Física (Cordova & Tort, 2016).

Abordar a Física na identificação de problemas ambientais com auxílio de sensores acoplados ao Arduino é importante. O aspecto investigativo da pesquisa chama atenção dos estudantes envolvidos no processo. A busca pelo entendimento do problema e possíveis soluções permite uma rica interdisciplinaridade, os autores Santos, Amorim, & Dereczynski (2017), com o trabalho intitulado *Investigação do fenômeno ilha de calor urbana através da utilização da placa Arduíno*, corroboram essa ideologia. Nesse trabalho há uma orientação metodológica bem flexível, a proposta de uma miniestação meteorológica, atividade extremamente rica para compreensão de conceitos de Física térmica.

Uso do Arduíno, como ferramenta no ensino, fundamentado em teorias da aprendizagem, não foi tão defendido na maioria dos artigos pesquisados; muitos autores deixam evidente que seus trabalhos têm finalidade pedagógica, mas priorizam a operacionalização dos dispositivos desenvolvidos; quase sempre os trabalhos não estão fundamentados claramente em uma linha pedagógica. Entretanto, um ensino baseado em experimentos científicos exige que os limites didáticos estejam em consonância com a prática experimental. O único trabalho que dedica uma seção a essa questão é o artigo de Dworakowski *et al* (2016), onde o assunto de cinemática é abordado, especialmente a análise gráfica da posição *versus* tempo. A metodologia usada por Dworakowski *et al* (2016) apoia-se em concepções da aprendizagem significativa de David Ausubel (2000), para essa abordagem o uso do Arduíno e um sensor ultrassônico, contribuem para a visualização dos resultados e a compreensão dos mesmos, viabilizada pelo aporte teórico da metodologia.

Os temas de Física contemporânea no ensino básico são poucos expressivos, apesar da relevância tecnológica do tema, mas essa inexpressividade poderá se reverter com a efetivação da interface Arduino em uma aula de Física. A razão para tanto, é que, os sensores e controles associados à interface possibilitam o estudo, desde assuntos clássicos à contemporâneos. Essa possibilidade é real, em vista da gama de sensores, bem acessíveis no mercado; a existência de dispositivos fotossensíveis, como fotorresistores e células fotovoltaicas são exemplos importantes, e que podem ser usados para o estudo de parte do espectro eletromagnético. Uma proposta similar é descrita detalhadamente no trabalho de Pereira, Santos e Amorim, publicado em 2016 na RBEF, onde usam um contador Geiger-müller acoplado ao Arduino, que mede a intensidade da radiatividade, para estudo de características matemáticas de processos radioativos; a experiência, segundo os autores, apresenta metodologia viável para o ensino médio e graduação, permitindo o desenvolvimento de conceitos que não seriam bem assimilados se fossem abordados apenas pela explicação oral; ou seja, o desígnio da prática será atingido “através da participação ativa dos alunos, desafiando-os e oferecendo-lhes oportunidades de esclarecer suas concepções espontâneas” (Pereira, Santos, & Amorim, 2016, p. 1).

O ensino de Física na educação brasileira tem sido difícil, seja pela falta de pré-requisitos dos discentes ou pela falta de motivação, associada a um método pouco atrativo. O uso de meios que suscitam uma aprendizagem prazerosa é suficiente para superar tais dificuldades? O desenvolvimento de projetos científicos no ensino de Física revela-se um método instigante, devido a seu aspecto investigativo; portanto, a experimentação baseada na plataforma Arduino é promissora como recurso didático e poderá atenuar essas questões.

A popularização do Arduino se deve a sua versatilidade e sua característica livre, que impulsiona a troca de conhecimento e desenvolvimento de mais documentação, projetos, programas e muitos outros recursos, que são apresentados, testados e discutidos em fóruns e tutoriais na internet. Há ainda, as publicações paradidáticas, algumas em português, porém muitas versões estão disponíveis em inglês, que normalmente apresentam pequenos projetos divididos em capítulos, explorando as funcionalidades do Arduino e seus componentes, como o trabalho de Simon Monk, *30 Projetos com Arduino* (Monk, 2014). Porém a maioria destas publicações, sejam livros, tutoriais ou fóruns destacam a montagem de projetos lúdicos, enquanto que o Produto Educacional analisado neste trabalho consiste na automação de experimentos de Física com objetivo pedagógico, onde o fim não é a ludicidade, mas a compreensão de conceitos físicos através dela.

2.3 A notoriedade internacional do Arduino

A popularidade e a acessibilidade do Arduino e seus componentes tem impulsionado pesquisas científicas, com ótimos resultados publicados em várias partes do mundo, inclusive em meios de divulgação importantes, como as publicações europeias do *Journal of Physics* e do *Measurement Science and Technology*, alguns dos trabalhos publicados tem caráter pedagógico, como o artigo *A laboratory over the internet for a course on data analysis* de Zachariadou e Yiasemides (2014) do Departamento de Engenharia Eletrônica do Instituto de Educação Tecnológica do Pireu na Grécia, que apresentam um sistema de aquisição e controle de dados, que mede radiação, usando um contador *Geiger*. Em tal trabalho mostram a necessidade de experimentos virtuais controlados remotamente, demonstrando a facilidade no uso da plataforma microcontroladora integrada à internet, facilidade na manipulação e custo. Além disso a abordagem pedagógica apresentada no artigo grego corrobora a necessidade de experimentação para o ensino de ciências, apresentando uma atividade subdividida em 5 partes, a última consistindo na aplicação de um teste de hipóteses, originalmente denominado, *the Pearson chi-square goodness of fit testing* (Zachariadou & Yiasemides, 2014).

Em países bem posicionados no ranking da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE, quanto à Educação, o desenvolvimento de protótipos é bem comum na inovação do processo de ensino e aprendizagem. A exemplo tem-se um artigo canadense, *A low-cost spectrometer for NMR measurements in the Earth's magnetic field*, o autor deste artigo, Carl A Michal apresenta um experimento de baixo custo, que consiste em um espectrômetro para aferição da ressonância magnética terrestre (Michal, 2010). Com a mesma tendência, na Alemanha, (Scholz, Sack, Heckel, & Pöschel, 2016) com o artigo *Inexpensive Mie scattering experiment for the classroom manufactured by 3D printing*, Apresentam um experimento de dispersão luminosa barato, que permite a medição dos tamanhos de partículas em suspensões coloidais monodispersas com bastante precisão. Uma justificativa para abordagem do tema foi o fato de ser incomum o estudo prévio da dispersão da luz, os autores justificam que muitos estudantes quando iniciam uma graduação, na área desta temática, não têm uma compreensão adequada da natureza ondulatória da luz. A utilização do Arduino, com sensores de luminosidade e seus componentes constituem uma ferramenta poderosa para experimentação e verificação das propriedades da luz.

Ainda sobre o uso do Arduino como ferramentas para experimentação e coleta de dados, muitos pesquisadores e professores de Física aproveitam a maneira prática de atuação do conversor analógico digital do Arduino, como é o caso do trabalho de VERA, RIVERA e ORTÍZ, do Instituto de Física da Pontifícia Universidade Católica de Valparaíso, no Chile, onde apresentam um experimento para medida da irradiância de uma fonte pontual de luz em função da distância, verificando a lei do inverso do quadrado (Vera & Ortíz, 2013). Esses autores apresentam uma opção para ensino de Física usando conversores analógico/digital de baixo custo, o Arduino, a saber.

A razão da popularidade do Arduino em várias partes do mundo se deve ao seu baixo custo para implementação e execução, dispensando equipamentos demasiadamente sofisticados, próprios dos centros de pesquisas de muitas empresas e Universidades. Com o Arduino, além de tipificar o projeto como *low-cost*, a qualidade dos dados obtidos são aceitáveis para fins didáticos. Assim, a automação de certos experimentos científicos, em que o Arduino é peça fundamental, tem sido comum em várias regiões do planeta; seja entre professores e estudantes de países economicamente desenvolvidos ou subdesenvolvidos. É de fácil percepção que mesmo em regiões mais pobres, com o mínimo de interesse e recursos, é possível elaborar e efetivar metodologia para o ensino de ciência que faça uso do Arduino como ferramenta tecnológica facilitadora.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Aprender algo novo, em uma perspectiva construtivista, resulta de um desenvolvimento gradativo que envolve a princípio contato cultural, conflitos e ressignificação (Becker, 2008). Porém, antes que qualquer correlação entre indivíduo e o saber científico ocorra surge uma instigação. Portanto a motivação conduz ao aprendizado e é primordial, tanto por produzir o desejo de aprender como de mantê-lo. A abordagem experimental no âmbito do ensino contém elementos que favorecem uma aprendizagem norteada pela aprendizagem. A devida atenção às teorias motivacionais e da aprendizagem na elaboração de metodologias envolvendo ensino de Física experimental é apta para execução de um processo de ensino eficiente.

3.1 Aspectos motivacionais para o aprendizado

Uma descrição comum do ambiente escolar contemporâneo aborda inevitavelmente aspectos motivacionais. A justificativa mais recorrente ao baixo rendimento escolar se deve a falta de interesse em querer aprender. As causas para a desmotivação são diversas e complexas. Promover conscientemente um ambiente educacional que motiva requer o domínio de certas competências, como compreender certos aspectos da natureza humana e das relações entre os indivíduos. As teorias cognitivistas da motivação apresentam propriedades importantes referentes àqueles aspectos, apontando que “algumas alternativas para conseguir o envolvimento dos estudantes são representadas pela motivação intrínseca e pelas formas de auto-regulação da motivação extrínseca” (Ribeiro, 2011).

Sobre a questão da motivação para aprendizagem a principal linha de pesquisa é a Teoria de Metas (Arias, 2004). Essa teoria parte de um ponto de vista cognitivo, cujo objetivos de aprendizagem, especificamente as metas, constituem-se em modelos mentais, segundo Arias (2004, como citado em Pintrich, 2000). Esses modelos são representações cognitivas essencialmente flutuantes “entre fatores contextuais imediatos e representações interiores” (Smith, 1998), isso leva muitos teóricos no campo da teoria motivacional a classificarem as metas em externas e internas, identificando-as como metas de rendimento e de aprendizagem, respectivamente (Arias, 2004). Os casos de sucesso e insucesso na aprendizagem podem ser analisados sob esta ótica. Alunos que se destacam na disciplina de Física, por exemplo, tipificam casos de motivação intrínseca, em que o que lhe motiva a progredir é o ato de aprender, ou seja, suas metas pessoais de aprendizagem. Se a curiosidade não persiste o aluno

pode ainda ter motivação, porém com o único objetivo de conquistar uma aprovação. A meta de aprovação é estipulada, pela escola, perfazendo as metas de rendimento. É obvio que as duas metas são importantes e nas atividades práticas de Física apresentadas no *ebook* também são fundamentais.

O professor orientador pode instigar seus alunos a se envolverem nas atividades, apresentando a proposta experimental e seus objetivos, os deixando interagir na busca de soluções para as possíveis dificuldades que aparecerão. O professor deve permanecer atento as dúvidas e curiosidades de seus alunos, não as podando. A medida que novas ideias surgem e desafios são solucionados, o potencial motivacional se mantém. se a intenção do aluno é compreender bem os conteúdos, e não apenas concluir a atividade estipulada pelo professor, irá com certeza dedicar-se ao estudo (Ribeiro, 2011).

É importante notar que alguns alunos não apresentarão metas de aprendizagem frente à proposta experimental, no mínimo seguirão as instruções e execução da prática, podendo chegar aos objetivos estipulados pelo professor, o que pode garantir o mínimo de aprendizado. Tal característica se dá em função do controle sobre a motivação extrínseca. Ou seja, cada aluno apresenta representações mentais, no âmbito da motivação, de forma diferente, ao se deparar com determinado contexto, isso o leva a dedicar-se mais ou menos na realização de uma tarefa, pois seu objetivo é apenas obter recompensas, evitar punições, preservando sua integridade (Ribeiro, 2011).

A questão da motivação é tão fundamental que envolve também o professor. Como um professor motiva um grupo de aluno para aprender algo se o mesmo não tem motivação intrínseca para tanto? Essa questão deve ser considerada por aqueles que acompanham e orientam o trabalho pedagógico do professor. Tal questão define por sua vez o público, entre os professores de Física, que potencialmente apresentariam êxito na aplicação das práticas de Física do *ebook*: os que tem afinidade com eletrônica e linguagem de programação.

Para Boruchovitch (2009, como citado em Ribeiro, 2009, p. 3),

“a motivação, em concreto, não é somente uma característica própria do aluno, mas também mediada pelo professor, pelo ambiente de sala de aula e pela cultura da escola. Na opinião da autora, das distintas formas de promover a motivação, a principal é que o próprio professor seja um modelo de pessoa motivada”

Enfim, a motivação é um tema pertinente quando se busca aperfeiçoar uma metodologia de ensino, envolvendo o aluno, o professor e os demais profissionais da educação. O assunto suscita, portanto, uma metodologia subsidiada em teorias da aprendizagem convergente com tema.

3.2 Trabalhos fundamentais sobre as teorias da aprendizagem e filosofias da educação.

Esta seção dedica-se a apresentação dos fundamentos nos quais o *ebook*, descrito nesta dissertação, está amparado. A natureza ativa das atividades experimentais do tipo convergente, que constituem as práticas de Física do *ebook*, agrega valor pedagógico à escola, suprimindo aspectos tradicionais. Portanto, serão articulados alguns princípios da Escola Nova, cujo representante principal é o filósofo e pedagogo norte-americano, John Dewey (1859-1952). Aqui no Brasil, essas ideias foram disseminadas pelo educador brasileiro Anísio Teixeira, que preferiu o termo Escola Progressiva (Nunes, 2000). Nessa articulação de ideias será considerada a concepção sobre aprendizagem do psicólogo russo Lev Semyonovich Vygotsky (1896-1934), que tem certa afinidade com a filosofia da educação *deweyana*, ou seja de John Dewey, e a interação social promovida pelo desenvolvimento das ações do *ebook*.

A compreensão de como funciona a aprendizagem auxilia na elaboração de métodos mais eficientes no campo da educação, logo considerar elementos das teorias da aprendizagem na implementação das atividades de Física aqui propostas, fortalece a metodologia das práticas de Física do *ebook*, consistindo na tentativa de endossar alguma eficiência no ensino de Física, garantindo que a proposta de ensino se fundamente em concepções científicas plausíveis na educação de uma pessoa. Tais concepções sugere que a educação deve ser entendida como ciência. Se a intenção da escola é educar, a educação escolar não pode ser feita de qualquer forma, sob a pena de deseducar. Logo, entendê-la como ciência é crucial para uma aprendizagem de qualidade.

O pedagogo norte-americano concebia a educação, e a conduzia, como uma ciência. A Física, a Química, a Biologia e a Matemática, já em sua época, demonstravam muito bem que abordagens sistemáticas sobre a natureza haviam gerado resultados importantes. Para a educação não deveria ser diferente, pois “o domínio de métodos científicos e de conteúdos sistematizados liberta indivíduos; permitindo-os ver novos problemas, conceber novos procedimentos” (Dewey, 2015. p7). O educador que conduz sua prática sob esse ponto de vista enfrentará, sem dúvidas, novos desafios, mas enxergará novos meios de superar as principais dificuldades.

Os princípios metodológicos das ações do *ebook* apoiam-se no entendimento científico da educação. Os aspectos deste entendimento, compreendem a educação como uma ciência não

independente, cujos fundamentos científicos são os mesmos da psicologia e das ciências sociais (Dewey, 2015).

Levar em consideração as relações sociais e aspectos psicológicos no ato de ensinar qualquer disciplina escolar significa criar um contexto pedagógico diferenciado. Para atender os aspectos psicológicos, as atividades devem ser planejadas com características específicas, por exemplo, levar em consideração elementos da Psicologia Estímulo-Resposta (Dewey, 2015). Sem dúvida trata-se de uma teoria da Psicologia que já passou por inúmeros testes, é devida ao fisiologista russo Ivan Pavlov (1848-1936). Se a intenção é que o aluno apresente determinado comportamento será útil condicioná-lo, estimulando-o através de benefício, quando o comportamento desejado ocorrer. Enfim, fazer uso de conhecimento consolidado no processo educacional, implicará em melhores resultados na aprendizagem.

A supressão de aspectos tradicional citadas no início desta seção soa como crítica ao modelo de educação que impõe paradigmas, esse modelo é de fora para dentro e pela sua natureza limita o aprendizado do aluno. No entanto, a insatisfação frente aos aspectos do ensino tradicional, impulsiona o entendimento da educação a uma nova abordagem, dando ênfase à *autoridade interna* dos indivíduos (Teixeira, Pequena Introdução à Filosofia da Educação: A Escola Progressista ou a Transformação da Escola, 1978).

Entretanto os princípios da escola progressiva expandem os limites de aprendizagem. Em contraposição à escola tradicional Dewey (1979, p. 6-7) declara, revelando os princípios do que ele chama de Educação Nova,

"à imposição de cima para baixo, opõe-se a expressão e cultivo da individualidade; à disciplina externa, opõe-se a atividade livre; a aprender por livros e professores por experiência; à aquisição por exercícios e treino de habilidades e técnicas isoladas, a sua aquisição como meios para atingir fins que respondem a apelos diretos e vitais do aluno; à preparação para um futuro mais ou menos remoto opõe-se aproveitar-se ao máximo das oportunidades do presente; a fins e conhecimentos estáticos opõe-se a tomada de contato com um mundo em mudanças".

Observa-se nesse confronto de ideias que os princípios da Educação Nova propõem certa libertação da institucionalização escolar, dando aporte filosófico à escola progressiva. Contudo, esses princípios, segundo Dewey (1979, p.9), "não resolvem nenhum dos problemas práticos e concretos de condução e direção das escolas progressivas, pelo contrário levantam novos problemas"; principalmente sobre como organizar e conduzir o currículo escolar. Para superar os dilemas que podem surgir, bem como organizar e conduzir os conteúdos escolares, Dewey (1979) propõe uma Teoria da Experiência como filosofia fundamental. Quanto a esse aspecto a escola tradicional até possibilita experiência aos seus alunos, entretanto precárias, necessitando de um bom mecanismo de ensino que crie conexões. É importante, portanto,

compreender que “o valor dos conhecimentos adquiridos em uma experiência está subordinado a sua utilização em novas experiências, em novos processos de pensamento” (Teixeira, 1928, p. 11).

A simplicidade da escola progressiva é notada em seus princípios, entretanto é de difícil execução, comparada aos hábitos e instrumento institucionalizados da educação tradicional. As atividades do *ebook* mantêm vínculos com os princípios citados, a começar pela ideologia intrínseca no aspecto *open source* do Arduino, posteriormente pela liberdade na execução das atividades e principalmente pela possibilidade de expansão das experiências do aluno.

A necessidade de uma teoria sobre *experiência* justifica-se por ser necessário guiar continuamente a ação escolar, sendo "capaz de dar direção positiva à seleção e organização de métodos e materiais apropriados à educação" (Dewey, 1979, p. 20), constituindo um processo de ensino aprendizagem que busca “sempre um conhecimento prático, não contemplativo, um saber oriundo da experiência e destinado à solução dos assuntos humanos” (Cunha, 2001, p. 88). Sob esse aspecto teórico, o *ebook* contém atividades que induzem no estudante a curiosidade de compreender e replicar temas de Física, além disso, as ferramentas usadas - o Arduino, seus componentes e a linguagem de programação - expandem a experiência do aluno para além do domínio dos conteúdos, permitindo-o fazer associações entre o conteúdo e suas tecnologias. No contexto dessas atividades o aluno é um ser ativo.

Ainda sobre uma Teoria da experiência John Dewey conjectura sobre o *continuum experiencial*, útil na discriminação de experiências, isso porque é importante identificar as experiências que o indivíduo poderá passar e a determinação de suas experiências futuras. Cada experiência implicará em novas, que podem ser limitadoras ou propiciar mais aprendizagem, esta evidenciada como um processo mental de reconstrução de experiências (Nunes, 2000).

Enfim o propósito de destacar alguns dos princípios da escola progressiva, é de exibir um Produto Educacional delineado em princípios de liberdade e democracia, portanto são destacados aqui, apenas os pontos mais relevantes da teoria *dewyana*.

Quanto as particularidades sobre a aprendizagem e desenvolvimento, em um contexto ideológico onde o aluno é mais que um mero receptor de informações, as concepções de Lev Semyonovich Vygotsky permitem melhor assimilação e orientação no planejamento pedagógico. Nesta situação, a atividade, que antecede o conhecimento, fornece experiências particulares ao indivíduo, práticas e subjetivas; todo o processo é mediado por *signos culturais* (Fino, 2001). Simplificadamente, o signo “na sua forma mais elementar é uma marca externa, que auxilia o homem em tarefas que exigem memória ou atenção” (Oliveira, 2010). Linguagem,

ferramentas tecnológicas e regras caracterizam estes símbolos, *ou signos*. As concepções relacionadas ao processo citado baseiam-se em aspectos da teoria histórico-cultural da atividade, segundo Fino (2001, p.2), “área de estudo que teve suas origens nos trabalhos dos psicólogos russos na tradição de Vygotsky”.

Enquanto discute as noções sobre desenvolvimento e aprendizagem, Vygotsky (1991) nota a existência de dois níveis de desenvolvimento e que o conhecimento precede o desenvolvimento.

O primeiro nível é o de desenvolvimento real, que se refere àquilo que a criança é capaz de realizar de maneira emancipada. Sem qualquer tipo de ajuda, a criança consegue solucionar determinados problemas, isso porque as funções mentais necessárias estão amadurecidas, ou seja, já desenvolvidas. O segundo é o nível de desenvolvimento potencial, que se refere àquilo que a criança é capaz de fazer com ajuda de outras pessoas mais capacitadas, como o professor, por exemplo (Vygotsky, 1991).

O intervalo entre o primeiro e o segundo nível corresponde a uma extensão definida por Vygotsky (1991, p. 58) como “zona de desenvolvimento proximal” (ZDP).

A zona de desenvolvimento proximal provê psicólogos e educadores de um instrumento através do qual se pode entender o curso interno do desenvolvimento. Usando esse método podemos dar conta não somente dos ciclos e processos de maturação que já foram completados, como também daqueles processos que estão em estado de formação, ou seja, que estão apenas começando a amadurecer e a se desenvolver (Vygotsky, 1991, p.58).

Ainda, segundo as ideias de Vygotsky, a aprendizagem atua na ZDP, capaz de induzir internamente desenvolvimento, oportunizado pela interação “com outras pessoas em seu ambiente” (Vygotsky, 1991, p.60). Isso Justifica a visão de Vygotsky sobre o conhecimento antepor-se ao desenvolvimento.

Em relação aos experimentos contidos no *ebook* o intuito é auxiliar na compreensão dos assuntos de Física, através da motivação, logo o professor pode ajudar, ou não, na solução dos questionamentos propostos no fim de cada capítulo, atentando-se para a capacidade de desenvolvimento dos seus alunos. Todavia, a natureza das atividades é facilmente aplicada entre grupos de alunos do ensino médio, normalmente a faixa etária possui desenvolvimento potencial cognitivo compatível com as exigências das atividades. Facilitando a mediação do professor na zona de desenvolvimento proximal dos seus alunos.

4 METODOLOGIA

A partir de experiências pedagógicas obtidas em aulas de Robótica Educacional ministradas aos alunos da escola de Ensino Médio Liceu de Tianguá José Ni Moreira⁵, notou-se a conveniência da motivação no processo de ensino. Como um elemento propulsor constante, a motivação sempre exige uso de ferramentas que suportem esse elemento. Notou-se, a princípio, que o uso constante de interfaces eletrônicas na montagem de projetos despertava a curiosidade, impelindo os alunos a concretizarem suas tarefas. O caráter livre da condução das atividades foi um fator preponderante, uma vez que o manuseio dos equipamentos eletrônicos, os testes com sensores e atuadores exigiam certa liberdade.

As experiências foram inspiradoras na formatação do *ebook*, uma vez que usam os mesmos elementos das aulas de robótica da referida escola, no entanto, adaptados à construção e reconfiguração de experimentos de Física. Será apreciado neste recurso a implementação em sala de aula dos experimentos automatizados, os aspectos estruturais do *ebook* e orientações pertinentes à aplicação.

4.1 Aspectos gerais do *ebook*

Antes de prosseguirmos é importante advertir sobre a natureza deste trabalho, que consiste essencialmente em um documento descritivo sobre condições, orientações e aplicabilidade de um Produto Educacional formatado em um *ebook*, todavia, sistematicamente fundado em concepções pedagógicas pragmáticas. Não ocorrendo, portanto, inovação teórica no campo da educação, a não ser na automatização de práticas de conteúdos de Física.

Cada capítulo do *ebook* começa com uma introdução contextualizando o tema de Física com situações do cotidiano ou enfatizando o tema que será abordado. Após a introdução, os fundamentos teóricos de Física, relacionados à temática do capítulo, são apresentados. Essas partes dos Capítulos servem de subsídio à aula do professor. É importante que o professor reforce tais fundamentos, antes da execução da atividade.

Um quadro, posterior à introdução do capítulo, contém os objetivos que poderão ser atingidos no desenvolvimento das atividades. O propósito é promover orientação ao plano de aula do

⁵ Escola pública da rede estadual de Educação do Estado do Ceará, localizada na cidade de Tianguá, na região norte do Estado. A referida escola corresponde a unidade de lotação do professor autor deste Trabalho e do PE.

professor, ou simplesmente permitir que o professor verifique se há consonância com um plano de ensino já estabelecido.

Na fundamentação é considerado apenas os conceitos e princípios mais relevantes, essenciais à compreensão do tema. Ainda sobre os aspectos da teoria, as fórmulas exibidas neste ponto são apresentadas com o objetivo de permitir que o aluno desenvolva a capacidade de relacionar as grandezas físicas de forma conveniente. Esta etapa, proporciona ao aluno o domínio expressivo do conteúdo; para o professor, proporciona um plano imediato, complementar a sua prática. As expressões matemáticas contidas nesta etapa também são relevantes, ao professor ou aluno que queira apropriar-se dos conteúdos dos *sketches*, a fim de editá-los, no ensejo de alterar algum parâmetro experimental. Logo, compreender os códigos contidos nos *sketches* para possíveis alterações posteriores da atividade exige entendimento matemático das fórmulas apresentadas.

Antes das orientações sobre a montagem, é listado os materiais e componentes necessários. A placa Arduino UNO, *protoboard*, e *jumpers* para a conexão entre os pinos são comuns a todos os experimentos. Durante a montagem é importante recorrer a essa lista para verificar as características dos componentes, como exemplo, o valor da resistência de um resistor ou qual tipo de transistor.

A etapa de montagem do experimento exige bastante atenção do professor ou do aluno. Por isso a seção referente à montagem contém instruções essenciais, além da figura desenvolvida apropriadamente ao experimento, através do software *Fritzing*. A figura representa uma montagem experimental atestada durante o desenvolvimento do produto. Obviamente, a montagem dever ser executada fielmente para sucesso do experimento, entretanto, com prática e conhecimento das funcionalidades da *protoboard* é possível realizar montagens diferentes para o mesmo experimento, no caso de melhorias ou para obtenção de novos dados experimentais da atividade.

O código é exibido no *ebook*, permitindo que o professor faça uso livre do mesmo. Quando toda a montagem for feita resta enviar o programa para o Arduino, cujo código pode ser copiado para um novo *sketch*. Para facilitar esse processo o código é apresentado como o conteúdo de uma tabela. E como mais uma forma de acesso, minimizando possíveis problemas de formatação do texto do código no ato de copiar e colar, o *sketch* referente aos experimentos poderá ser baixado em *fisicarduino.com*, site de divulgação do *ebook*.

A etapa de Execução e Coleta de Dados, consiste em instruir quanto à interação do usuário (professor/alunos) com o programa e dispositivos associados ao Arduino. Há, por exemplo, experimentos que necessitam de calibração prévia, logo essa etapa cuida em fornecer informações necessárias para a calibração. Nessa mesma etapa do Produto há uma seção para coleta de dados, que especifica como e o que deve ser coletado no experimento. Normalmente os sensores usados gerarão dados que serão exibidos no monitor serial do Software do Arduino. Esses dados deverão ser anotados conforme orientação dessa seção.

Em um primeiro momento os experimentos afiguram-se inflexíveis, porém, é importante perceber que as automatizações presentes em todos os experimentos, o código disponível, os dados iniciais obtidos, além dos questionamentos apresentados no fim de cada capítulo possibilitam novas abordagens mediadas pelo professor. Na etapa final do capítulo há questionamentos específicos que ajudam a fixar o conhecimento sobre os fundamentos teóricos, e questionamentos divergentes, que induzem o estudante a um pensamento livre e intervencionista. Certamente, fazendo uso das diversas ferramentas que compreendem as atividades, o aluno pode desenvolver novas investigações.

Recomenda-se que durante a aplicação, o professor siga a sequência estabelecida: fundamentação teórica e Objetivos, lista de materiais e componentes, montagem do experimento, o código, execução e coletas de dados, e questionamentos e levantamento de hipóteses.

4.2 Aspectos específicos e orientações de uso

Nas subseções a seguir serão apresentadas as especificidades de cada capítulo do *ebook*, enquanto cada capítulo é evidenciado, algumas instruções são consolidadas.

4.2.1 A plataforma Arduino (Capítulo 1)

Nesse primeiro capítulo há informações sobre a plataforma Arduino e os dispositivos usados nos experimentos. O conteúdo desse capítulo é, em sua maior parte, idêntico à seção 2.1 desta Dissertação, cujo objetivo é semelhante: informar sobre a natureza e características do Arduino, garantindo compreensão sobre os experimentos que constituem o Produto Educacional.

4.2.2 Movimento Uniforme (Capítulo 2)

O experimento do Capítulo 2 permite observar como um corpo muda sua posição no espaço e no tempo. A compreensão da cinemática, objetivo desse capítulo, permite, a princípio, o entendimento de modelos físicos, úteis na determinação de trajetórias para um corpo. Em busca desse entendimento, o experimento nesse capítulo considera o Movimento Uniforme um movimento ideal, livre da atuação de forças. Assim, um sistema com sensores infravermelhos ligado ao Arduino permite a aferição de intervalos de tempo de um móvel em deslocamento em um trilho horizontal. O capítulo não consiste na elaboração do trilho, mas na sua automação para determinação dos intervalos de tempo.

O experimento fundamenta-se em princípios de cinemática, no **Quadro 5** há o detalhamento dos fundamentos e dos objetivos almejados.

Quadro 5 – Fundamentação teórica para o Capítulo 2

Objetivo	Fundamentação teórica
▪ Analisar o movimento de um objeto com velocidade constante; ▪ comparar intervalos de tempo para deslocamentos idênticos.	No movimento uniforme um corpo percorre distâncias iguais em intervalos de tempos iguais. A taxa com que o corpo muda de posição para cada unidade de tempo é definida como velocidade (V). $V = \frac{s-s_0}{t-t_0} \quad (2.1)$ A variação da posição é dada pela diferença entre as posições final (S) e inicial (S₀). Já o intervalo de tempo pode ser determinado pela diferença entre o instante de tempo final (t) e inicial (t₀). Portanto, para determinar se um corpo desenvolve um movimento uniforme é suficiente calcular a velocidade do mesmo para alguns trechos.

Fonte: do autor

Cada componente é disposto na *protoboard* e conectados com os fios *jumpers* à placa. A **Figura 8** indica como deve ser feita a montagem, note que Cada par LED

infravermelho/Receptor infravermelho constitui um sensor, deve haver três pares, ou seja, três sensores.

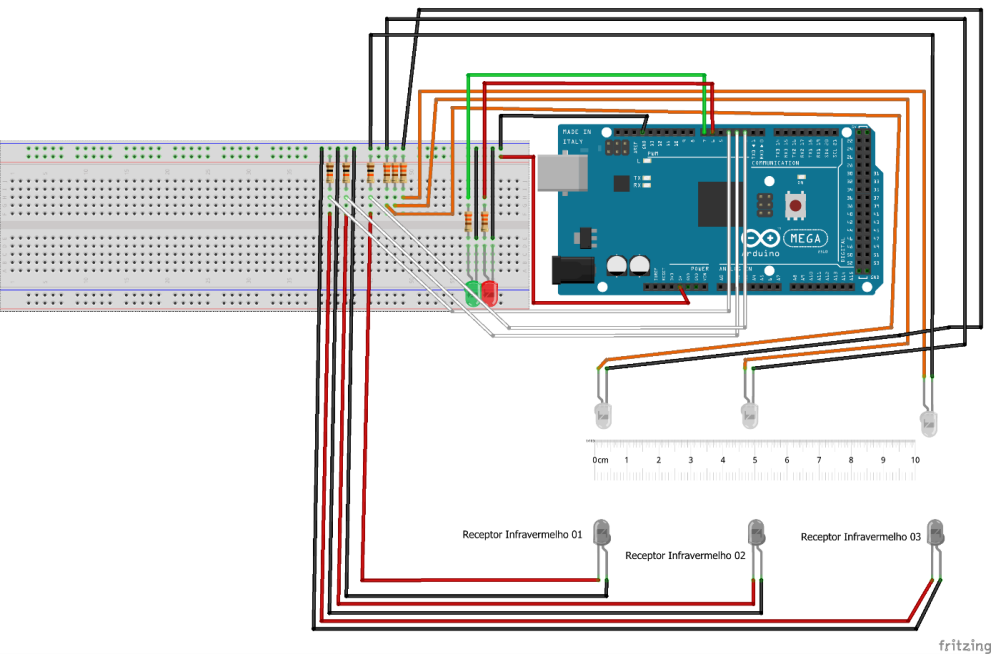


Figura 8 - Esquema de montagem de sensores para estudo de cinemática. Fixe os LED emissores e os receptores infravermelhos no trilho que será utilizado, posicione o receptor infravermelho 02 com seu respectivo led emissor a meia distância dos demais.

Fonte: Imagem do autor extraída e editada no Fritzing

Para realizar a montagem apresentada serão necessários alguns componentes, conforme listados no **Quadro 6**.

Quadro 6 - Materiais e componentes para o Capítulo 2

Materiais e Componentes	Descrição
5 resistores 330Ω 3 resistores 10kΩ 1 LED verde 1 LED vermelho 03 LED infravermelhos 03 Receptores infravermelhos - Arduino e <i>protoboard</i> - Fios <i>jumpers</i> - Trilho para Movimento retilíneo	Os resistores de 330Ω usados são para reduzir a tensão nos LED vermelho e verde e nos infravermelhos, o de 10kΩ como divisor de tensão, ou seja resistor de <i>pull-up</i>. Pode ser usado qualquer trilho horizontal, comum em laboratórios didáticos de Física. No produto há uma referência à construção de um trilho.

Fonte: do autor

A programação desenvolvida para este experimento inicia com comentários com informações sobre o experimento que será executado. As linhas de comando seguintes no *sketch* são para definir os nomes dos pinos digitais que serão usados e a especificação dos pinos. São elas:

```
#define ledVerde 7           // O LED verde deverá ser ligado no pino digital 7
#define ledVermelho 6       // O LED vermelho deverá ser ligado no pino digital 6
#define sensorUM 2           // Configura o pino digital 2 para o PRIMEIRO SENSOR
#define sensorDOIS 3         // Configura o pino digital 3 para o SEGUNDO SENSOR
#define sensorTRES 4         // Configura o pino digital 4 para o TERCEIRO SENSOR
```

O bloco seguinte de linhas de comando contém as variáveis que armazenarão os dados obtidos. É usado variáveis do tipo *int* para valores pequenos e *long* para valores maiores:

```
int estadoUM;               // variável que guarda estado do primeiro sensor
int estadoDOIS;             // variável que guarda estado do segundo sensor
int estadoTRES;             // variável que guarda estado do terceiro sensor
int UltEstSenUM;            // variável a guardar o último estado do primeiro sensor
int UltEstSenDOIS;          // variável a guardar o último estado do segundo sensor
int UltEstSenTRES;          // variável a guardar o último estado do terceiro sensor
long elapsedTimeOne ;       // tempo decorrido no primeiro intervalo
long elapsedTimeTwo ;       // tempo decorrido no segundo intervalo
long instanteUM = 0;        // tempo total decorrido desde que o programa foi executado
long instanteDOIS = 0;      // tempo total decorrido desde que o programa foi executado
long instanteTRES= 0;       // tempo total decorrido desde que o programa foi executado
long tempoTotal;
```

A partir das linhas anteriores inicia-se a parte do *sketch* denominada de *void setup*. As linhas de comando entre as chaves desta função constituem basicamente as configurações dos pinos digitais, os textos informativos e de orientação exibidos no monitor serial, além de possível captação de dados gerados pelos sensores, que servirão de parâmetros para o restante da programação. Essas linhas são executadas uma única vez pelo Arduino.

Para esta atividade há dois blocos na composição do *void setup* o primeiro contém os textos informativos e de orientação:

```
Serial.println(".....");
Serial.println("MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FISICA - MNPEF");
Serial.println("PRODUTO DESENVOLVIDO POR: OSEIAS MOURAO");
Serial.println(".....");
delay(2000); //Pausa de 2 segundos
Serial.println(".....");
Serial.println("CINEMATICA");
Serial.println(".....");
delay(2000); //Pausa de 2 segundos
Serial.println(".....");

Serial.println("Analise do tipo de movimento e Calculo da Velocidade");
Serial.println(".....");
delay(1000); //Pausa de 1 segundos
Serial.println("::INICIE O EXPERIMENTO::");
Serial.println(".....");
delay(1000); //Pausa de 1 segundos
```

O segundo bloco contém a configuração dos pinos digitais usados:

```

pinMode(ledVermelho, OUTPUT);      // Configura o pino 6 como saída
pinMode(ledVerde, OUTPUT);         // Configura o pino 7 como saída
pinMode(sensorUM, INPUT);          // Configura o pino 2 como entrada
pinMode(sensorDOIS, INPUT);        // Configura o pino 3 como entrada
pinMode(sensorTRES, INPUT);        // Configura o pino 4 como entrada
digitalWrite(ledVermelho, LOW);    // desliga LED vermelho
digitalWrite(ledVerde, LOW);       // desliga LED verde

```

Findando a execução dessas últimas linhas, se inicia a parte do *sketch* denominada *void loop*, parte essencial do programa. Nesta etapa há dois blocos principais, o primeiro contém comandos que armazenam dados gerados pelos sensores nas variáveis. O segundo bloco imprime os valores obtidos pelos sensores e informações complementares no monitor serial.

Primeiro bloco:

```

estadoUM = digitalRead(sensorUM);      // Ler o sensor UM e armazena em estadoUM
if(estadoUM == HIGH){
    digitalWrite(ledVerde, HIGH);      // Liga o LED VERDE
    digitalWrite(ledVermelho, LOW);    // desliga o LED VERMELHO
    instanteUM = millis();              // armazena o tempo Total decorrido para Sensor UM
}

else
{
    digitalWrite(ledVerde, LOW);        // desliga os LED VERDE e VERMELHO
    digitalWrite(ledVermelho, LOW);
}

estadoDOIS = digitalRead(sensorDOIS);   // Ler o sensor DOIS e armazena em estadoDOIS
if(estadoDOIS == HIGH) {
    digitalWrite(ledVerde, LOW);        // desliga LED verde
    digitalWrite(ledVermelho, HIGH);    // liga LED vermelho
    instanteDOIS = millis();             // armazena o tempo Total decorrido para Sensor DOIS
}

elapsedTimeOne = (instanteDOIS - instanteUM); // cálculo do primeiro intervalo de tempo
}
else
{
    digitalWrite(ledVerde, LOW);
    digitalWrite(ledVermelho, LOW);      //desliga os LED verde e Vermelho
}

estadoTRES = digitalRead(sensorTRES);    // Ler o sensor TRÊS e armazena em estadoTRES
if(estadoTRES == HIGH) {
    digitalWrite(ledVerde, HIGH);        // liga LED Verde
    digitalWrite(ledVermelho, HIGH);     // liga LED Vermelho
    instanteTRES = millis();             // armazena o tempo Total decorrido para Sensor TRÊS
}

elapsedTimeTwo = (instanteTRES - instanteDOIS);
tempoTotal = elapsedTimeTwo;

```

Segundo bloco:

```

Serial.println(".....");
Serial.print(" 1o intervalo (ms) = ");
Serial.println(elapsedTimeOne);          // imprime no monitor serial o Primeiro Intervalo de Tempo
Serial.println(".....");
Serial.println(".....");
Serial.print(" 2o intervalo (ms) = ");
Serial.println(elapsedTimeTwo);          // imprime no monitor serial o Primeiro Intervalo de Tempo
Serial.println(".....");
Serial.println(".....");
Serial.println("Anoté a distancia entre os Sensores.");
Serial.println(".....");
Serial.println(".....");
Serial.println("calcule as velocidades para o primeiro intervalo e para o segundo.");
Serial.println(".....");
Serial.println(".....");
Serial.println("Qual o tipo de movimento descrito pelo objeto?");

```

```
Serial.println(".....");

delay(tempoTotal); //tempo de espera para efetuar nova leitura
}
else
{
digitalWrite(ledVerde, LOW);
digitalWrite(ledVermelho, LOW); // desliga LED verde e Vermelho
}
```

De acordo com o que está exposto no código acima a automação do experimento informará dois intervalos de tempo, correspondentes ao tempo gasto entre o primeiro e o segundo sensor e entre o segundo e terceiro. As variáveis que armazenam esses dois intervalos de tempo são *elapsedTimeOne*, para o primeiro intervalo e *elapsedTimeTwo*, para o segundo intervalo. A principal função que registra o instante de tempo é a função *millis* própria da linguagem de programação do Arduino, ela aparece no primeiro bloco. Essa função registra o tempo decorrido desde que o Arduino é iniciado.

Para que os alunos envolvidos na experiência possam observar o movimento uniforme é necessário que o professor desnivele o trilho sem colchão de ar, deixando a extremidade da origem do movimento ligeiramente mais elevado que a extremidade oposta, a razão disso é para que o móvel (pode ser uma esfera) não desacelere, devido a ação do atrito e da resistência do ar.

Para verificar o funcionamento dos sensores basta aproximar algum objeto dos mesmos, o LED verde acenderá enquanto algum objeto for posicionado em frente ao sensor 1, para o sensor 2 se acenderá o LED vermelho; para o sensor 3, os LED verde e vermelho ao mesmo tempo. Retirando-se o objeto todos os LED apagarão.

Após a montagem do circuito elétrico na *protoboard* e Arduino, é possível iniciar a experiência: impulsionar o móvel antes do primeiro sensor. Ao findar o percurso, observar os dados obtidos no monitor serial. Lembrando que o monitor serial pode ser exibido também ao pressionar as teclas `ctrl + shift + M`, no teclado do computador. Nessa ocasião os alunos devem registrar as medidas exibidas.

A unidade de medida de tempo exibida no monitor serial será em milésimos de segundo (ms), logo, é importante que o professor sugira aos seus alunos a conversão para segundos ao preencher a **Tabela 1** com os dados requisitados e exibidos no monitor.

Tabela 1 - Modelo de tabela para registro dos dados do Capítulo 2.

Tipos de dados	Valores dos dados
1º intervalo (em segundos)	
2º intervalo (em segundo)	

Qual a distância, em metros, entre o primeiro e o segundo Sensor?	
Qual a distância, em metros, entre o segundo e o terceiro Sensor?	

Fonte: do autor

Enquanto o Arduino estiver conectado ao computador é possível repetir o experimento por várias vezes. Ou seja, logo após o móvel passar pelo terceiro sensor o programa reiniciará, aguardando novos registros, isso ocorre porque a parte do programa que coleta os dados dos sensores encontra-se dentro da função *void loop*, que executa o código enquanto o Arduino estiver ligado.

Com os dados adquiridos o professor deverá orientar seus alunos a analisarem o movimento, para isso uma atividade simples é sugerida:

1. *Calcule as velocidades para o primeiro e para o segundo intervalo de tempo.*
2. *O movimento descrito pelo objeto utilizado aproxima-se de um movimento uniforme? Explique.*

Obviamente as respostas dependerá dos dados obtidos, mas se espera que ao usar a definição de velocidade média o aluno consiga calcular valores quase similares para as velocidades associadas aos dois intervalos, podendo inferir se o movimento é uniforme ou não. Nessa etapa final é crucial que os alunos expliquem o que se observou para o movimento. O professor deve ser um mediador, contribuindo apenas com informações fora do domínio do aluno.

4.2.3 Movimento Uniformemente Variado (Capítulo 3)

O Capítulo 3 abrange o Movimento Uniformemente Variado – MUV – movimento que envolve uma variação constante, mas uniforme na velocidade de um móvel. No dia-a-dia ocorre em casos específicos, como na análise do tempo e espaço percorrido por um veículo ao ser acelerado ou ter os freios acionados, compreensão útil para uma direção defensiva e desenvolvimento de dispositivos de segurança, ou mesmo no dimensionamento de pistas de pouso em aeroportos. No **Quadro 7**, os objetivos e fundamentos estão relacionados.

Quadro 7 - Fundamentação teórica para o Capítulo 3

Objetivo	Fundamentação teórica
----------	-----------------------

▪ Compreender a relação entre velocidade e posição de um móvel. ▪ Aplicar a equação de Torricelli no MUV.	Quando a velocidade de um móvel varia ($\Delta V = V - V_0$) em uma taxa constante tem-se uma aceleração constante, isso define um movimento como uniformemente variado. A aceleração é uma grandeza importante neste estudo, e nos casos em que a velocidade é conhecida em qualquer instante podemos calcular a aceleração média (a_m): $a_m = \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (3.1)$ Em um MUV a posição varia ($\Delta S = S - S_0$) cada vez mais rápido e pela função horária da posição podemos determiná-la a qualquer instante: $S = S_0 + V_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad (3.2)$ É possível, ainda, relacionar variação na velocidade e na posição usando a equação de Torricelli: $V^2 = V_0^2 + 2a\Delta S \quad (3.3)$
--	---

Fonte: do autor.

Nesse capítulo é usado a mesma montagem descrita no capítulo anterior, para o Movimento Uniforme, enfatizando que a montagem servirá para os estudos de cinemática, seja para Movimento uniforme ou Uniformemente variado, uma vez que a automatização apresentada nessa unidade consiste em aferir os intervalos de tempo entre os sensores utilizados.

Apesar de a montagem ser idêntica à do capítulo anterior o programa que utilizaremos contém algumas alterações em afinidade com o objetivo do capítulo, como a inserção das variáveis **velocidadeUM** e **velocidadeDOIS** que armazenam o cálculo das velocidades V_0 e V . Também foi definido a distância entre os sensores 1 e 2 e entre 2 e 3, como **deslocamentoUM** e **deslocamentoDOIS**, respectivamente. Essas duas distâncias na linha 28 e 29 do código, são iguais a 500 milímetros, mas se na prática não for possível manter essas distâncias é possível alterá-las convenientemente, enfim, a distância medida entre os sensores devem coincidir com os valores informados na programação. Eis as linhas:

```
long deslocamentoUM = 500;           // distancia sugerida em milimetro entre sensor 1 e 2. Mude a
medida se for conveniente
long deslocamentoDOIS = 500;        // distancia sugerida em milimetro entre sensor 2 e 3. Mude a
medida se for conveniente
```

A automação desse experimento determinará dois intervalos de tempo, um para cada deslocamento, definidos em 500mm. Com esses intervalos de tempo o Arduino calculará as velocidades para esses deslocamentos. As linhas de comando para esse procedimento são apresentadas a seguir.

Velocidade para o 1º deslocamento:

```
interTempoUM = (instanteDOIS - instanteUM); // cálculo do primeiro intervalo de tempo
velocidadeUM = deslocamentoUM/interTempoUM; // calculo da velocidade média entre 1 e 2 sensor
```

Velocidade para o 2º deslocamento:

```
interTempoDOIS = (instanteTRES - instanteDOIS);
velocidadeDOIS = deslocamentoDOIS/interTempoDOIS; // calculo da velocidade média entre 1 e 2 sensor
```

O bloco final com as linhas de comando irá imprimir no monitor serial as duas velocidades em m/s e orientações sobre coleta de dados e questionamento.

Para este experimento o professor deverá posicionar o trilho a um ângulo em que seja perceptível o MUV (sugestão: 45°). Após posicionar o trilho e os sensores a 500mm entre si, e ter feito o *upload* do código, iniciar o monitor serial (atalho: *ctrl+shift+m*) para então abandonar o móvel do ponto mais alto do trilho. Como a aceleração gravitacional é constante o móvel descreverá um MUV. No monitor serial será exibido a velocidade (V_0) do móvel no 2º sensor e a velocidade (V) no 3º sensor. Essas velocidades e as distâncias⁶ entre os sensores podem ser anotadas na **Tabela 2**.

Tabela 2 - Modelo de tabela para registro dos dados do Capítulo 3.

Tipos de dados	Valores dos dados
Velocidade Aproximada (em m/s) no sensor 2. $V_0 =$	
Velocidade Aproximada (em m/s) no sensor 3. $V =$	
Distância (em m) entre os sensores 1 e 3. $\Delta S =$	

Fonte: do autor.

⁶ Anote as distâncias em metros, mas note que na linha 28 e 29 do *sketch* desenvolvido para o MUV as distâncias estão em milímetros, essa unidade é conveniente para o cálculo da velocidade em m/s em que o intervalo de tempo está em milissegundo.

Essa atividade conduzirá o aluno a compreender a variação da velocidade de um móvel quando submetido a alguma aceleração, os questionamentos contribuem para isso:

1. *Admitindo Uniformidade na variação da Velocidade, calcule a aceleração do móvel, usando a Equação de Torricelli.*
2. *O que é a aceleração? Use o valor encontrado neste experimento para exemplificar.*
3. *Estime a velocidade do móvel ao passar, hipoteticamente, por um 4º sensor posicionado a uma distância do 3º idêntica a distâncias entre os demais sensores.*

Os questionamentos iniciam com cálculo da aceleração do móvel usado no experimento e findam lançando o desafio de estimar a velocidade em instante posterior, tendo em vista a aceleração do móvel.

4.2.4 Aceleração Gravitacional (Capítulo 4)

O Capítulo 4 apresenta uma programação útil no estudo do movimento de objetos sujeitos à aceleração gravitacional. A montagem do Arduino, idêntica a dos Capítulos 2 e 3 facilita a determinação da aceleração gravitacional local. O programa apresentará, quando executado, a aceleração escalar média do objeto no trecho com sensores. Os objetivos e fundamentação desse capítulo são apresentados no **Quadro 8**.

Quadro 8 - Fundamentação teórica para o Capítulo 4

Objetivo	Fundamentação teórica
▪ Determinação do módulo da aceleração gravitacional.	É possível fazer uma análise simples do movimento de um objeto desconsiderando algumas características vetoriais. A determinação da aceleração escalar média permite o estudo de um movimento uniformemente variado, prevendo como o valor da velocidade evolui. Observando a medida da velocidade inicial e final de um móvel, para um instante de tempo inicial e final respectivamente, calcula-se a razão entre a variação da velocidade e do instante de tempo como a aceleração escalar - ver Eq. 3.1. O valor da aceleração escalar carrega, <i>a priori</i>, dois tipos de informações: um se refere a intensidade da variação da velocidade; o outro, indica se o móvel está acelerado ou desacelerado, basta verificar se o valor da

	aceleração é positivo (acelerado) ou negativo (desacelerado).
--	---

Fonte: do Autor.

Mais uma vez será utilizado a mesma montagem descrita no Capítulo 2, para o Movimento Uniforme, entretanto é importante fixar os sensores em um trilho vertical, conforme figura 9.

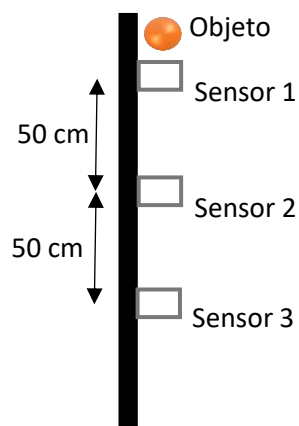


Figura 9 - Esquema para disposição dos sensores no trilho vertical. Posicione os três sensores a 50 cm um do outro.

Fonte: do autor.

A programação envolvida é similar a do Capítulo 3, mas há um bloco de linhas de comando específicas para a função de determinar a aceleração gravitacional, eis as linhas:

```
interTempoDOIS = (instanteTRES - instanteDOIS);
velocidadeDOIS = deslocamentoDOIS/interTempoDOIS; // calculo da velocidade média entre 1
e 2 sensor
g=((velocidadeDOIS*velocidadeDOIS)-(velocidadeUM*velocidadeUM))/(2*deslocamentoDOIS);
// eq. De Torricelli
```

O princípio físico aplicado nas linhas de comando é a equação de Torricelli, como pode ser notado na última linha acima.

Importante mencionar as dificuldades técnicas no cálculo do tempo de queda de um objeto usando um cronômetro, uma vez que o tempo de reação para acionamento do cronometro deve ser muito menor que o tempo de queda. A rapidez na atuação dos sensores conectados ao Arduino permite determinar intervalos tempo muito pequenos na ordem de milésimos de segundo.

Como o objetivo deste experimento consiste na determinação da aceleração gravitacional, um objeto deve ser abandonado logo acima do primeiro sensor. Como a montagem é a mesma do Capítulo 2 e 3, apenas com alguns ajustes na programação, o LED verde piscará quando o objeto passar pelo primeiro sensor, depois o LED vermelho e finalmente no terceiro sensor os dois LED piscarão simultaneamente. Feito isso, será exibido no monitor serial o valor aproximado de g em m/s^2 . Nesse momento é importante registrar o valor da aceleração, momento em que o professor media o questionamento e hipóteses sobre o dado obtido. Para esse fim o capítulo encerra com os seguintes direcionamentos:

Compare o valor da aceleração gravitacional encontrado pelo dispositivo com o valor normalmente apresentado nos livros de Física. Levante hipóteses e pesquise a respeito de possíveis divergências entre esses valores.

O professor, caso queira, poderá melhorar o experimento, aumentando o espaçamento entre os sensores, o que influenciará na precisão da aceleração gravitacional (Cordova & Tort, 2016).

4.2.5 Movimento Circular Uniforme (Capítulo 5)

Nesse capítulo é apresentada uma automação que permite medir a velocidade angular de objetos que desenvolvam movimento circular. Os objetivos e fundamentação desse capítulo são apresentados no **Quadro 9**. Para tanto será usado com o Arduino um transistor de efeito Hall como sensor. O capítulo inicia com uma abordagem que associa o princípio físico do Movimento Circular Uniforme (MCU) à implementações tecnológicas, como na determinação do raio de curvatura em via de transporte rápido, a fim de minimizar o desconforto devido à alteração da orientação do vetor velocidade.

Quadro 9 - Fundamentação teórica para Capítulo 5

Objetivo	Fundamentação teórica
	O movimento circular uniforme consiste em um movimento cuja trajetória

▪ Compreender principais características do movimento circular uniforme. ▪ Identificar e aplicar fundamentos do MCU no dia-a-dia.	não é retilínea conotando a existência de uma aceleração orientada sempre para o centro de curvatura, implicando na alteração da orientação da velocidade (v); contudo sem alterar seu módulo. Tal aceleração (a) é inversamente proporcional ao raio de curvatura (R): $a = \frac{v^2}{R} \quad (5.1)$ Analizando a variação da posição angular de um ponto qualquer que descreve MCU, a frequência angular ou velocidade angular (ω) é constante, e definida como a taxa de variação da posição angular por segundo. Uma volta completa é 2π radianos e o tempo total é definido como período (T), logo a velocidade angular é, $\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (5.2)$ Ou $\omega = \frac{v}{R} \quad (5.3)$
--	---

Fonte: do autor

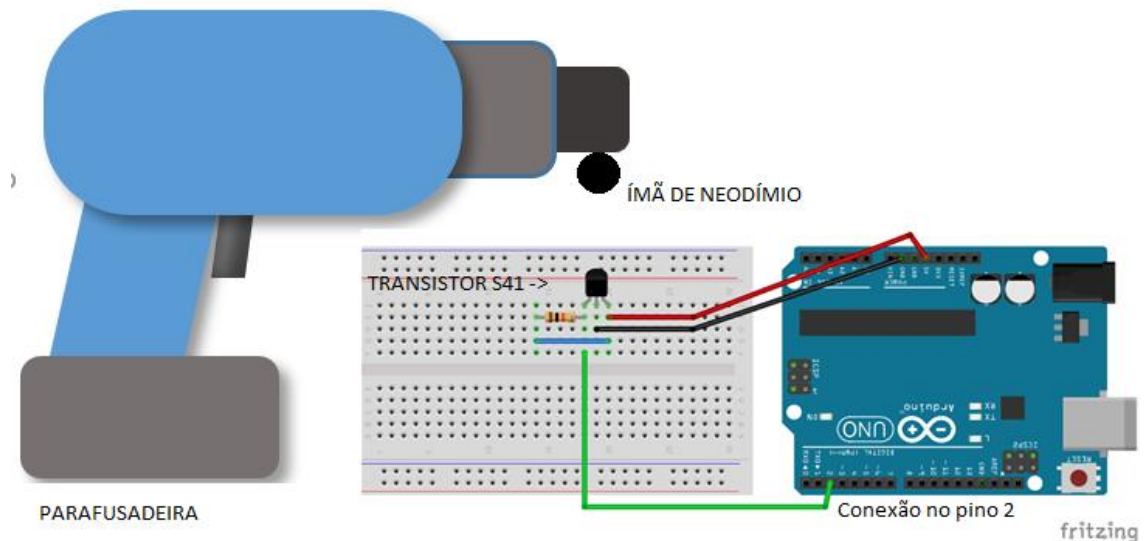


Figura 10. Montagem para o Capítulo 5. Seguindo uma montagem conforme a figura, usar uma parafusadeira, ou outro objeto que apresente movimento circular, mas observe que é usado um ímã que alternará o estado lógico do pino digital 2 do Arduino em cada rotação, com o código carregado na placa o Arduino exibirá a quantidade de rotação por minuto.

Fonte: Imagem do autor extraída e editada no *Fritzing*

A montagem apresentada consiste em uma automação para o estudo do movimento circular, para isso, será necessária a utilização de algo que descreva um movimento circular, como sugestão pode-se utilizar uma parafusadeira. Os demais materiais estão descritos no **Quadro 10**.

Quadro 10 - Materiais e componentes para o Capítulo 5

Materiais e Componentes	Descrição
▪ Transistor de efeito hall - S41. ▪ Arduino. ▪ Resistor 10kΩ. ▪ Jumper. ▪ Ímã neodímio. ▪ Motor ou parafusadeira.	Além do Arduino, do resistor de 10kΩ e dos fios jumpers, destacam-se o transistor de efeito hall, especificação S41 e o ímã de neodímio. O transistor S41 é do tipo liga/desliga, ou seja, apresenta um nível lógico alto (HIGH) ou baixo (LOW), determinado pela polaridade norte ou sul do ímã que se aproxima. Ao fixar o ímã em algum rotor e aproximá-lo do transistor, este alternará sua saída digital entre HIGH e LOW à medida que o ímã gira.

Fonte: do autor

Para esta montagem e programação é possível medir a frequência angular de uma parafusadeira com boa precisão. É importante notar a conexão do pino digital 2 com o terminal de saída do transistor de efeito hall – s41. Na ponta extrema do eixo de rotação da parafusadeira deve-se fixar o ímã, importante que seja um ímã cilíndrico de neodímio, cuja intensidade da força magnética mantenha-o preso durante a rotação.

A programação, referente à atividade desse capítulo do *ebook*, inicia com uma linha de comando para a criação de uma variável que armazenará o número de voltas. Para não limitar o valor da variável foi usado uma variável do tipo *long*. Veja:

```
long numVoltas=0; //Cria uma variável para contagem do numero de voltas
```

As linhas seguintes apenas imprimem no monitor serial informações sobre o experimento, marcando o início para sua execução. São elas:

```
Serial.begin(9600);
Serial.println(".....");
Serial.println("MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FISICA - MNPEF");
Serial.println("PRODUTO DESENVOLVIDO POR: OSEIAS MOURAO");
```

```

Serial.println(".....");
delay(2000); //Pausa de 2 segundos
Serial.println(".....");
Serial.println("MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME");
Serial.println(".....");
delay(2000); //Pausa de 2 segundos
Serial.println(".....");
Serial.println("Medindo a Velocidade Angular");
Serial.println(".....");
delay(1000); //Pausa de 1 segundo
Serial.println("::INICIE O EXPERIMENTO::");
Serial.println(".....");
delay(1000); //Pausa de 1 segundos

```

O restante da programação é dividido em dois blocos principais, ou seja, as linhas dentro do *void loop* e a função *void armVoltas()*, essa função incrementa em uma unidade à variável *numVoltas*.

```

void loop()
{
  numVoltas = 0;
  attachInterrupt(0, armVoltas, FALLING); //interrompe o loop para incrementar o numero de
  voltas(ativando a função "armaVoltas"), a partir do transistor s41 no pino 2
  delay(1000); //Aguarda 1 segundo
  detachInterrupt(0); //Desabilita a interrupção
  numVoltas = numVoltas;
  Serial.println("velocidade angular");
  Serial.print(numVoltas); //Imprime o numero de voltas por segundo na serial, a velocidade
angular
  Serial.println(" rad/s"); //Imprime a unidade de medida da velocidade angular
}

void armVoltas() // função para armazenar o numero de voltas
{
  numVoltas++; //soma o numero de rotações quando a variação na polaridade do ímã
}

```

O *void loop* inicia com o valor zero para a variável *numVoltas*. Para sair do *void loop* a fim de incrementar o número de voltas na função *void armVoltas* é usado a função para interrupção externa *attachInterrupt(0, armVoltas, FALLING)*. O termo *FALLING* corresponde a um dos modos possível para a interrupção, o modo em questão dispara a interrupção na transição de 5 a 0 volt; quanto a polaridade, na mudança de sul para norte magnético. Entretanto, a interrupção ocorre quando um sinal é detectado no pino digital 2 especificado nessa função como INT 0, ou simplesmente 0. No Arduino UNO, apenas o pino digital 2 e 3 podem ser usados como entrada de sinal para interrupção. Para usar o pino 3 a especificação na função seria INT 1, ou simplesmente 1. Em seguida a função *detachInterrupt* é usada para desabilitar a interrupção. A cada segundo é feito o registro do número de voltas e imprimido no monitor serial. O valor exibido é, portanto, a velocidade angular, expressa em radianos por segundo (rad/s).

Com esse experimento fica fácil a análise do movimento circular uniforme, permitindo a compreensão de algumas grandezas, próprias do MCU, como a frequência angular, a velocidade tangencial em um ponto a uma distância R do centro de rotação e principalmente a compreensão da aceleração centrípeta.

Portanto, utilizando uma régua, o professor orientará seus alunos a medirem a distância (R) do ímã ao eixo de rotação e registrar a medida do raio. É importante expressar a medida desta distância em metros. Tendo iniciado o monitor serial basta aproximar a parafusadeira, em operação, do transistor de efeito Hall, nesse momento a frequência angular será registrada no monitor serial, aplicando a potência máxima, será mostrada a frequência angular máxima da parafusadeira. Registrar essa frequência angular (ω).

Com o objetivo de compreender melhor o MCU, são indicados os questionamentos no final do Capítulo 5, que são:

1. *Utilizando a frequência angular registrada, calcule a velocidade tangencial da extremidade do ímã.*
2. *Calcule o módulo da aceleração centrípeta atuante nas extremidades do ímã.*
3. *Explique qual o papel da aceleração centrípeta no MCU.*

4.2.6 Força Peso (Capítulo 6)

Ao aplicar o experimento desse capítulo será medido o peso de algumas massas aferidas usando um dinamômetro simples acoplado a um módulo laser e LDR, que conectados ao Arduino mostram a força peso em newtons, na superfície da Terra e em alguns corpos celestes do sistema solar. Os objetivos e fundamentação desse capítulo são apresentados no **Quadro 11**.

Quadro 11 - Fundamentação teórica para Capítulo 6

Objetivo	Fundamentação teórica
▪ Aplicar 2ª Lei de Newton. ▪ Determinação do peso de massas aferidas.	O peso de um corpo é determinado pelo campo gravitacional onde o corpo se encontra, como o peso é um tipo de força, sua determinação tem origem na aplicação da 2ª Lei de Newton. A aplicação de uma força sobre um corpo de massa m, produz uma aceleração. A relação matemática é dada por, $F = m \cdot a \quad (6.1)$

	Considerando que um objeto esteja sujeito exclusivamente a ação de uma força gravitacional, a aceleração produzida é definida como a aceleração gravitacional (g). Nesses termos, a força determinada é chamada de peso (p): $p = m \cdot g \quad (6.2)$
--	---

Fonte: do autor

A montagem apresentada neste capítulo consiste na automação de um dinamômetro simples, a intenção da automação é permitir a aferição da força peso, em newtons, de objetos. Com o Arduino será possível análise do peso, seja na superfície da Terra ou em outros corpos celestes. No monitor serial será possível verificar o peso na Terra, na Lua, no Sol e nos demais planetas do sistema solar, incluindo Plutão.

Os materiais necessários são especificados no **Quadro 12**.

Quadro 12 - Materiais e componentes para o Capítulo 6

Materiais e Componentes	Descrição
▪ Dinamômetro ▪ Massas aferidas ▪ Arduino ▪ Protoboard ▪ Jumpers ▪ Laser ▪ LDR	Além dos materiais já comuns aos demais capítulos, há aqui necessidade de um dinamômetro e massas aferidas. A medida de estas massas fica a critério do professor, normalmente existem massa de 50 e 100g, bem comuns nos laboratórios de Física. O dinamômetro ideal para esta atividade é do tipo constituído de mola calibrado de 0 a 2 newtons.

Fonte: do autor

Para executar este experimento é importante desmontar o dinamômetro para fixar o módulo laser/LDR em uma posição a, aproximadamente, 1cm acima da extremidade móvel inferior da mola do dinamômetro. Essa mesma extremidade deverá estar pintada com cor clara, o que permite a reflexão do laser e a sensibilização do LDR, a medida que o peso aumenta, ocorre o distanciamento entre aquela extremidade e o LDR, e este absorverá cada vez menos luz. Veja a **Figura 11**.

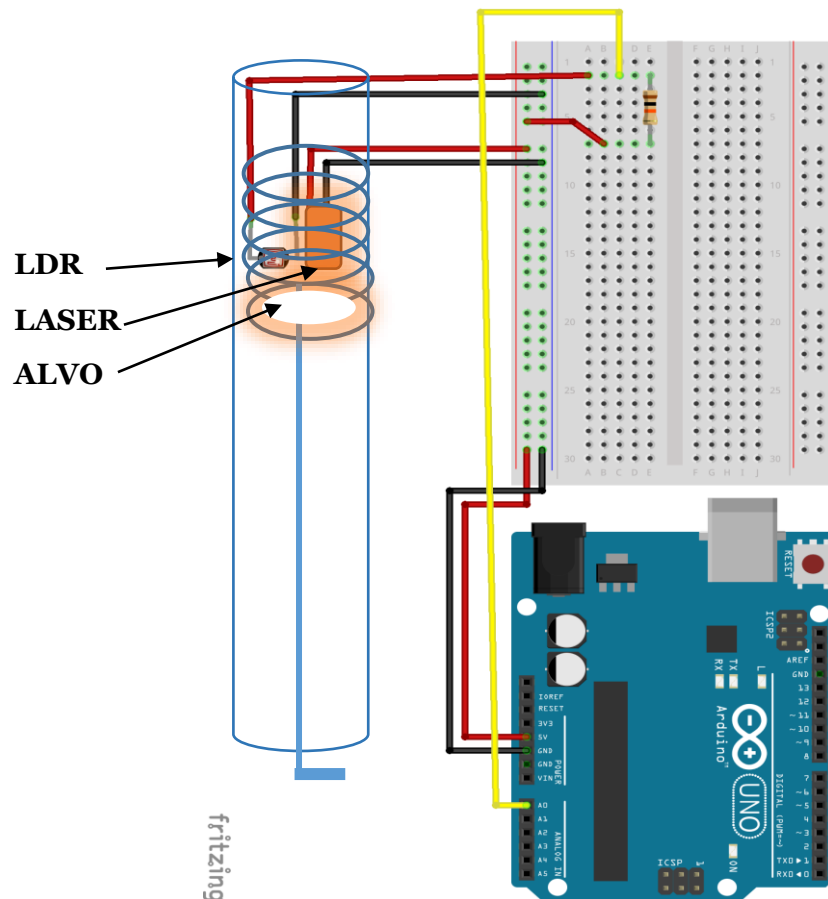


Figura 11 – Montagem para o Capítulo 6. Para a execução deste experimento é necessário desmontar a parte superior do dinamômetro, se isso não for possível será necessário serrá-lo totalmente na superior, isto para inserir o Laser e o LDR. Além disso, um alvo branco deve ser fixado na espira inferior (a última) a fim de refletir a luz do laser na direção do LDR. Sugestão: caso não caiba o Laser e o LDR no interior do dinamômetro você pode fixar o LDR na parte externa do dinamômetro, paralelo ao Laser, que deve continuar na parte interna.

Fonte: Imagem do autor extraída e editada no *Fritzing*.

Ao iniciar o experimento, o professor deve fixar verticalmente, em um suporte, o dinamômetro e preparar as massas aferidas.

A programação, que deverá ser enviada ao Arduino, inicia com as declarações de variáveis, são elas:

```

char leitura;
int valorLDR;
int forcIN;
int forcFIM;
float valFOR;
int Fdim = 2; // ajuste aqui a medida(em N) máxima da força que pode ser registrada no seu
dinamômetro
float FdimP; // variável armazena múltiplo de Fdim, para controlar precisão

```

A automação desse experimento exige possível intervenção nos códigos, por exemplo essa variável *int Fdim=2* deve ser notada pelo professor, caso o dinamômetro apresente um valor de leitura maior que 2 Newton.

As linhas subsequentes apresentam informações sobre o experimento, porém ainda no *setup* inicia-se a calibração do dispositivo, consistindo no registro de parâmetros para correlação com a força mínima e máxima possível para o dinamômetro.

```

Serial.println("Calibrando o dinamometro");
delay(2000);
Serial.println("posicione o dinamometro na posicao inicial");
delay(5000);
forcIN = analogRead(A0);
delay(1000);
Serial.println("...");
Serial.println("Agora posicione o dinamometro na posicao final");
delay(3000);
forcFIM = analogRead(A0);
delay(1000);
Serial.println("calibrado!");
delay(1000);

```

A força mínima é associada a primeira leitura da porta analógica A0 (onde está conectado o LDR), registrada na variável *forcIN*. A força máxima é associada a segunda leitura da porta analógica A0, registrada na variável *forcFIM*. Essas duas variáveis são parâmetros obtidos na calibragem do dispositivo. Quando se inicia a atuação das linhas do *void loop* a cada meio segundo novas leituras da porta analógica A0 são realizadas e registradas na variável *valorLDR*. Em seguida é usada a função *map()* que converte os possíveis valores da variável *valorLDR* entre 0 e 2 Newtons, armazenando na nova variável *valFOR*, eis o procedimento:

```

valorLDR = analogRead(A0);
valFOR = map(valorLDR, forcFIM, forcIN, FdimP, 0.00);

```

Dessa forma dependendo da quantidade de luz recebida pelo LDR, ao se estender a mola do dinamômetro, uma força será registrada pelo Arduino, tal força expressará o peso da massa fixada no dinamômetro. Entretanto, o peso só será exibido ao digitar a letra correspondente ao corpo celeste onde supostamente estaria a massa. A função para isso é apresentada da seguinte forma:

```

while (Serial.available() > 0) {
//Lê o dado vindo da Serial e armazena na variável leitura
leitura = Serial.read();

```

A letra digitada no monitor serial, após ser pressionado a tecla ENTER do teclado, será armazenada na variável *char leitura*. As linhas seguintes imprimirão o peso a partir de um

condição lógica, cuja condição é a letra digitada corresponder a alguma das letras apresentadas nas informações iniciais. Por exemplo, se o aluno digitar “T” ou “t” será exibido o peso na terra. Note o código:

```
if (leitura == 'T' || leitura == 't'){// As duas || é a operação booleana OU
Serial.println("Peso na Terra:");
Serial.print("F= ");
Serial.print(valFOR/100);
Serial.println(" N");
```

Para saber o peso da massa aferida nos demais planetas basta que o aluno ou o professor digite a letra inicial correspondente ao nome, em português, do planeta.

Nesse capítulo é possível determinar 11 pesos distintos para uma mesma massa, o peso em cada corpo celeste é ponderado, consequência das diferentes acelerações gravitacionais.

As orientações de calibragem e compreensão do experimento são detalhadas na etapa de Execução e Coleta de Dados.

Quando o aluno realizar todo o procedimento é importante anotar a medida da massa aferida, em quilogramas e do peso nos 11 corpos celestes considerados neste experimento. Há uma tabela específica para essa tarefa, veja a **Tabela 3**.

Tabela 3 - Modelo de tabela para registro dos dados do Capítulo 6.

Tipo de dado	Valor do dado
Massa aferida (kg):	
Corpo celeste	Peso da massa aferida
Júpiter	
Lua	
Marte	
Mercúrio	
Netuno	
Plutão	
Saturno	
Sol	
Terra	
Urano	
Vênus	

Fonte: do autor.

Os questionamentos e levantamento de hipótese desse capítulo são os seguintes:

1. *Porque a mesma massa apresenta pesos diferentes em cada corpo celeste?*
2. *Calcule a aceleração gravitacional em cada corpo celeste usando a massa que você usou e os respectivos pesos apresentados.*

3. *Pense e comente sobre como a gravidade influencia na órbita de um corpo celeste.*

Os questionamentos contribuem para a compreensão e relação da aceleração gravitacional com o peso de um corpo. Todavia baseado na experiência o aluno tem a possibilidade de expandir o que foi estudado. Como é o caso do item 3, onde o aluno é levado a pensar e expor novas ideias associadas ao tema em estudo.

4.2.7 Lei de Hooke (Capítulo 7)

O conteúdo de Física abordado no Capítulo 7 do *ebook* trata-se da Lei de Hooke. Considerando que muitos instrumentos de medição utilizam molas como parte do sistema mecânico de medição, como é o caso de algumas balanças, dinamômetros e aparelhos de medidas de grandezas elétricas. Essas aplicações são possíveis em virtude da deformação da mola manter uma relação de proporcionalidade entre a força aplicada e deslocamento. O detalhamento dos objetivos e fundamentação é apresentado no **Quadro 13**.

Quadro 13 - Fundamentação teórica para Capítulo 7

Objetivo	Fundamentação teórica
Compreender a relação de proporcionalidade na deformação de uma mola.	A relação de proporcionalidade entre a força e a deformação elástica foi apresentada ainda no século XVII pelo físico inglês Robert Hooke, a partir do comportamento de uma mola, obviamente, esta relação aplica-se a quaisquer materiais que apresentem deformação elástica, ou seja que retornem as suas características originais quando a força é retirada. Eis a relação: $F = k \cdot x \quad (7.1)$ F representa a força em Newtons (N), x a deformação em metros (m) e k uma constante de proporcionalidade denominada constante elástica da mola, cuja unidade é N/m.

Fonte: do autor

Os materiais, a montagem e a calibragem são todos idênticos aos do Capítulo 6.

Contudo a programação é reduzida para informar apenas a força peso de uma massa aferida fixada no dinamômetro. Sem haver novos elementos na programação, em comparação a do Capítulo 6.

Depois de enviar o código ao Arduino e garantir a calibragem como descrita no Capítulo 6. É importante usar diversas massas aferidas e pendurando-as no dinamômetro, registrando a força apresentada no monitor serial na **Tabela 4**.

Tabela 4 - Modelo de tabela para registro dos dados do Capítulo 7.

Massa aferida (g)	Força peso (N)	Deformação na mola (x)

Fonte: do autor.

De posse dos dados coletados o professor poderá lançar as seguintes questões além de propor novas investigações usando o dispositivo:

1. *O dinamômetro que você utilizou obedeceu a Lei de Hooke? Sugestão: **calcule a constante elástica para mais de um par de medida da força e da deformação.***
2. *Qual a constante elástica da mola do dinamômetro que você utilizou?*

4.2.8 Hidrostática, Empuxo (Capítulo 8)

Esse capítulo dedica-se ao estudo da força de empuxo, com a construção de um simples dispositivo feito de garrafa PET e um Arduino Mega(pode ser feito com UNO, mas com limitações de entradas digitais), capaz de medir o empuxo sobre algum corpo. O conteúdo é contextualizado a partir de situações curiosas, como, por que navios pesadíssimos não afundam? Por que nos sentimos mais leves ao entrarmos em uma piscina? Os fundamentos físicos que auxiliam nas respostas dessas perguntas serão trabalhados nesse experimento e estão apresentados no **Quadro 14**.

Quadro 14 - Fundamentação teórica para Capítulo 8

Objetivo	Fundamentação teórica
----------	-----------------------

▪ Compreender o conceito de empuxo. ▪ Relacionar densidade, aceleração gravitacional e volume deslocado no princípio de Arquimedes.	Segundo o princípio de Arquimedes: um corpo completamente ou parcialmente imerso em um fluido receberá a ação de uma força (empuxo) para cima igual ao peso do fluido que o corpo desloca. As forças atuantes em um corpo imerso em um fluido são o peso do corpo e o empuxo (E). Como o peso do fluido deslocado (p_{desl}) determina a intensidade do empuxo, temos: $E = v_{desl} \cdot d \cdot g \quad (8.1)$ Onde v_{desl} é o volume do líquido deslocado, d a densidade do líquido e g a aceleração da gravidade..
--	---

Fonte: do autor

Para a montagem utiliza-se uma garrafa PET como recipiente. É importante que a garrafa seja cilíndrica na região em que será analisado o volume deslocado, normalmente alguns modelos tem a região central cilíndrica, ver **Figura 12**.



Figura 12 - Modelo de garrafa PET para experimento do Capítulo 8. Usar garrafa PET cilíndrica com diâmetro de 9,5 cm.

Fonte: do autor

Os materiais usados nesse experimento estão listados no **Quadro 15**.

Quadro 15 - Materiais e componentes para o Capítulo 8

Materiais e Componentes	Descrição
▪ Fios condutores compridos, cerca 40 cm. ▪ 7 resistores 10kΩ. ▪ 1 resistor 330Ω. ▪ 1 LED. ▪ Arduino Uno (ou Mega para usar mais entradas digitais). ▪ Protoboard. ▪ Garrafa PET. ▪ Régua.	Os fios condutores compridos serão importantes na montagem, eles funcionarão como sensores, fechando o circuito elétrico quando o nível de água os atingirem. Para aumentar a quantidade de níveis é útil uma placa Arduino Mega, que tem mais entradas digitais.

Fonte: do autor

No *ebook* há as seguintes instruções sobre a montagem:

Corte a garrafa na extremidade superior no ponto onde a mesma se afunila. Fixe os oito fios na garrafa, note que o fio preto e branco estão no mesmo nível, equivalente a posição zero na referência da régua. Os demais fios devem ter suas extremidades distantes de 0,5cm, na vertical. Para que os fio não mudem de posição use cola instântea em todo a extensão dos fios em contato com a garrafa.

Veja a **Figura 13**, que representa a montagem:

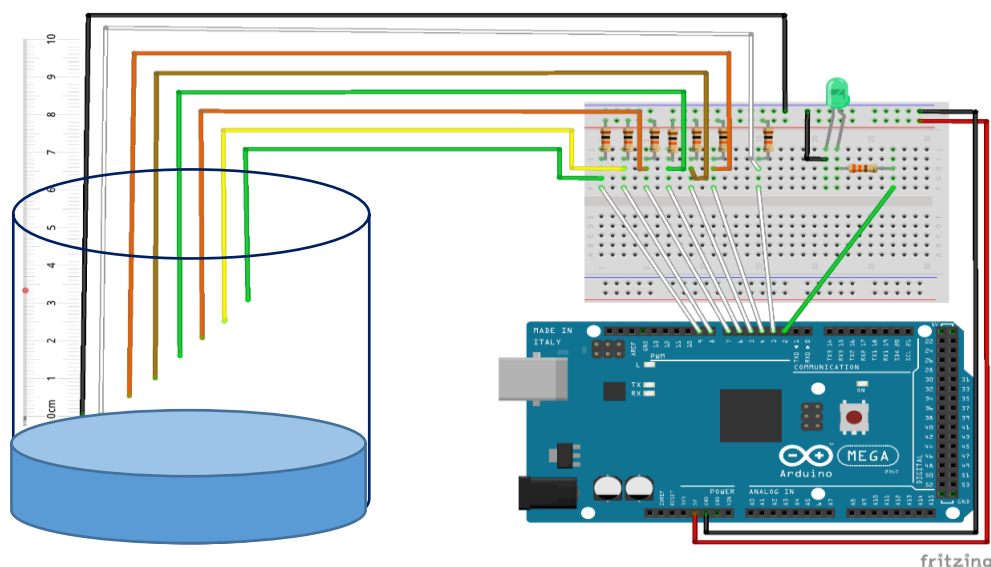


Figura 13 – Montagem para o Capítulo 8. Observe, conforme a imagem, a distância vertical entre os fios, fixa-os bem para evitar que mudem de posição durante manuseio.

Fonte: Imagem do autor extraída e editada no *Fritzing*.

Uma variação de meio centímetro no nível do líquido equivale a uma variação no volume de aproximadamente 33 ml. Para garantir esses parâmetros utilize apenas garrafas com 9,5 cm de diâmetros. A montagem apresentada pode medir uma variação volumétrica de 0 a 200ml. Após a montagem despejar água no recipiente até o nível inicial (0 cm).

Assim, o experimento consiste em monitorar o volume de líquido deslocado quando um objeto for abandonado sobre o líquido. No monitor serial será apresentado o último volume deslocado e o empuxo sobre o objeto. Abandone sobre o líquido apenas objetos pequenos com volume máximo de 200ml, sem que enconste na garrafa. Para que a análise não apresente erros os objetos podem ser bexigas apenas com água e com volume de 33ml, 66ml, 100ml, 133ml, 166ml e 200ml.

A detecção do nível ocorre quando o líquido deslocado atinge o fio do respectivo nível, fechando o circuito, logo é necessário que o líquido conduza eletricidade. Para garantir a condução condução elétrica ponha um pouco de sal de cozinha na água.

Os pinos digitais referentes aos níveis de 1 a 7, respectivos para cada volume deslocado, são definidos pelas seguintes linhas de comando:

```
int ledPin = 2;
int inPinUM = 3;           //nível UM inicial 0cm | volume deslocado 0 ml
int inPinDOIS = 4;         //nível DOIS   0,5cm | volume deslocado ~33 ml
int inPinTRES = 5;         //nível TRES    1,0cm | volume deslocado ~66 ml
int inPinQUATRO = 6;       //nível QUATRO  1,5cm | volume deslocado ~100 ml
int inPinCINCO = 7;        //nível CINCO   2,0cm | volume deslocado ~133 ml
int inPinSEIS = 8;         //nível SEIS    2,5cm | volume deslocado ~167 ml
int inPinSETE = 9;         //nível SETE    3,0cm | volume deslocado ~200 ml
```

Os estados lógicos dos pinos serão armazenados nas variáveis definidas no bloco seguinte:

```
int valUM = 0;
int valDOIS = 0;
int valTRES = 0;
int valQUATRO = 0;
int valCINCO = 0;
int valSEIS = 0;
int valSETE = 0;
```

As linhas que compreendem o *void setup*, contêm informações e configuração dos pinos:

```
pinMode (ledPin, OUTPUT);
pinMode (inPinUM, INPUT);
pinMode (inPinDOIS, INPUT);
pinMode (inPinTRES, INPUT);
pinMode (inPinQUATRO, INPUT);
```

```
pinMode (inPinCINCO, INPUT);
pinMode (inPinSEIS, INPUT);
pinMode (inPinSETE, INPUT);
```

Todos os pinos digitais referentes ao nível de líquido deslocado foram configurados como entradas digitais, por isso o termo *INPUT*. O Pino onde o LED é ligado foi definido como *OUTPUT*, ou seja, como saída digital.

Se não houver água no recipiente ou o nível estiver baixo o LED verde não acende. Logo o led indicará se o nível de água esta adequado para iniciar o experimento, além disso um mensagem será exibida no monitor serial, se o nível estiver baixo:

Atenção líquido abaixo do nível complete o recipiente!

Estando tudo correto, a mensagem exibida será:

Tudo pronto! Abandone um objeto na superfície do líquido.

Essa última informação garante que o líquido está no nível 1, definido na programação, e que o volume deslocado é zero.

As linhas de comando responsáveis por essas orientações são:

```
// NIVEL UM 0 ml
valUM = digitalRead(inPinUM);

if (valUM == HIGH){
  digitalWrite(ledPin, LOW);
  Serial.println("Atencao liquido abaixo do nivel complete o recipiente!");
} else {
  digitalWrite(ledPin, HIGH);
  Serial.println(".....");
  Serial.println("Tudo pronto! Abandone um objeto na superficie do liquido.");
  Serial.println(".....");
}
```

Ao abandonar algum objeto sobre o líquido e o nível subir o suficiente até atingir o fio superior subsequente, correspondendo ao nível 2, conforme definido na programação, o estado lógico do pino associado a este nível se inverterá e será imprimido no monitor serial o volume de água deslocado e o empuxo. O processo lógico dessa etapa esta nas seguintes linhas de comando:

```
// NIVEL DOIS 33,3 ml
valDOIS = digitalRead(inPinDOIS);

if (valDOIS == HIGH){
  Serial.println(".");
} else {
  Serial.println(".....");
  Serial.print("ULTIMO VOLUME DETECTADO =");
  Serial.println(" 33 mililitros");
  Serial.print("EMPUXO =");
  Serial.println(" 0,33 newtons");
  Serial.println(".....");
}
```

Para os demais níveis há o mesmo processo lógico, apenas com alteração na especificação do pino digital e o que será exibido no monitor serial.

Nesse experimento é importante que o professor separe os objetos previamente e durante o experimento pedir aos seus alunos que abandonem os objetos individualmente no recipiente. No monitor serial, serão exibidos o último volume deslocado e o empuxo sobre o objeto. O professor não deve revelar nem o volume nem a massa dos objetos aos seus alunos, porém deixar que eles determinem estes valores nos questionamentos a partir das medidas apresentadas no monitor serial. A **Tabela 5** auxiliará no trato dos questionamentos:

Tabela 5 - Modelo de tabela para registro dos dados do Capítulo 8.

Objeto 1	
Volume deslocado:_____	Empuxo:_____
Objeto 2	
Volume deslocado:_____	Empuxo:_____
Objeto 3	
Volume deslocado:_____	Empuxo:_____
Objeto 4	
Volume deslocado:_____	Empuxo:_____
Objeto 5	
Volume deslocado:_____	Empuxo:_____
Objeto 6	
Volume deslocado:_____	Empuxo:_____

Fonte: do autor

Os questionamentos referentes ao capítulo são os seguintes

1. Com base nos dados coletados determine a densidade do líquido.
2. É possível calcular a massa dos objetos a partir dos dados apresentados? Em que circunstância? Se possível calcule cada massa.
3. Reúna-se com seus colegas e pensem em possíveis aplicações que utilizem a montagem apresentada, registre-as.

Essa atividade poderá suscitar outras, como o desenvolvimento de um dispositivo capaz de determinar a densidade de materiais ou uma balança. O item 3 conduz à nova atividade. Caso surja novas investigações demandadas pela nova atividade é importante que o professor apenas

subsidie com informações fora do domínio dos alunos, garantindo que os mesmos desenvolvam a atividade livremente, como sugere o laboratório divergente (Filho, 2000).

4.2.9 Escalas Termométricas (Capítulo 9)

Esse capítulo apresenta a construção de um dispositivo para a aferição da temperatura de um corpo ou mesmo do ambiente nas escalas Celsius, Fahrenheit e Kelvin. O capítulo inicia com apresentação das características termométricas dos termômetros e os principais tipos. Posteriormente, há uma fundamentação teórica sobre as escalas termométricas e objetivos da atividade, conforme especificada no **Quadro 16**.

Quadro 16 -Fundamentação teórica para Capítulo 9

Objetivo	Fundamentação teórica
▪ Analisar o funcionamento de termômetros baseados em resistência variável. ▪ Relacionar as principais escalas termométrica.	Uma das escalas de temperatura mais utilizadas é a escala Celsius, baseada na temperatura do ponto de fusão do gelo (0°) e de ebulição da água (100°). Há ainda a escala Fahrenheit e Kelvin, também muito conhecidas, a última mais no domínio da comunidade científica. Vejamos algumas relações matemáticas entre as escalas citadas. Celsius (T_C) x Fahrenheit(T_F): $\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} \quad (9.1)$ Celsius(T_C) x Kelvin(T_K): $T_K = T_C + 273 \quad (9.2)$

Fonte: do autor

Os materiais necessários para essa atividade estão descritos a seguir no **Quadro 17**:

Quadro 17 - Materiais e componentes

Materiais e Componentes	Descrição
▪ Arduino ▪ 4 Resistores 10kΩ ▪ 3 Chaves Táctil Push-Button ▪ Termistor ▪ Fios jumpers	Neste experimento usa-se como sensor de temperatura um resistor cuja resistividade é sensível à temperatura, esse componente eletrônico é conhecido como termistor, que normalmente pode medir temperatura na faixa de -55°C a 125°C. As chaves Push-Button fecham um circuito elétrico quando pressionada, esse recurso será usado para alterar o estado lógico dos pinos digitais

Fonte: do autor

Note o esquema apresentado na **Figura 14**. Para facilitar a realização de medidas de temperatura é importante que os dois fios condutores ligados ao termistor sejam longos.

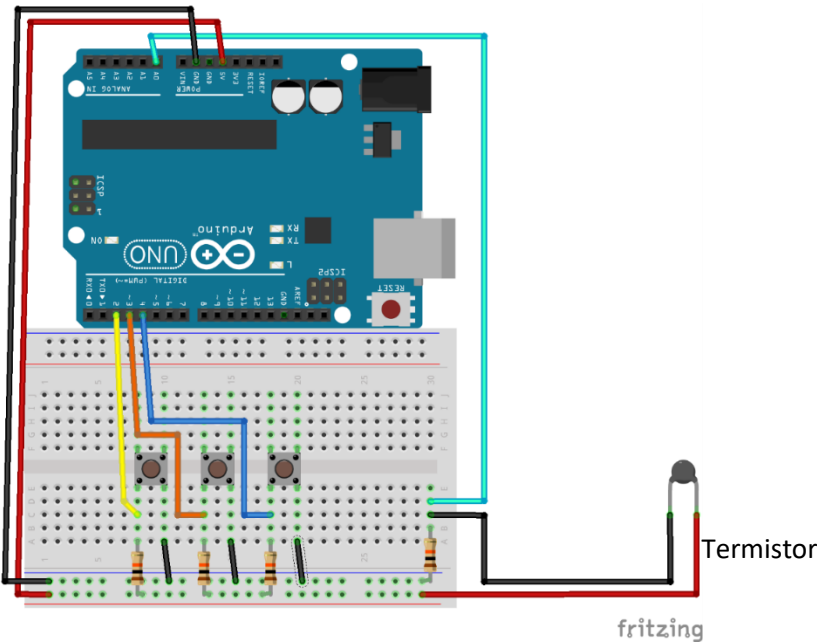


Figura 14 – Montagem para o Capítulo 9. Conforme a montagem e as instruções no *sketch* ao pressionar os botões (chave tátil) da esquerda para a direita, se obtém a temperatura na escala Celsius, Fahrenheit e Kelvin.

Fonte: Imagem do autor extraída e editada no *Fritzing*.

O *sketch* desta atividade inicia com a inclusão da biblioteca “Thermistor.h” . Nesse mesmo capítulo há instruções sobre a instalação da biblioteca, caso ela não esteja instalada no software do Arduino.

Os procedimentos de declaração de variáveis seguem o mesmo procedimento dos capítulos anteriores, portanto, será destacado a seguir apenas as variáveis responsáveis pela captação da temperatura. Eis o bloco contendo as linhas de comandos para esse procedimento:

```
int tempC = temp.getTemp(); //pega a temperatura na escala Celsius
tempF= 32 + (tempC*9)/5;    //temperatura em Fahrenheit
tempK= tempC+273;          // temperatura em Kelvin
```

Observe que a primeira linha contém a função *tem.getTemp()*, própria da biblioteca inclusa. A função é responsável por fornecer a temperatura em Celsius, captada a partir do sinal analógico na entrada A0, onde o termistor tem conexão.

A segunda e a terceira linha são expressões matemáticas que convertem a temperatura da Escala Celsius para as escalas Fahrenheit (equação 9.1) e Kelvin (equação 9.2), respectivamente.

O dispositivo mostrará a temperatura em uma das três escalas termométricas aqui apresentadas, Celsius, Fahrenheit ou Kelvin, para isso basta pressionar a chave tátil correspondente. Em virtude da montagem apresentada os pinos digitais 2, 3 e 4, configurados como entradas digitais estão todos em um nível lógico alto, pois estão ligados através dos resistores de 10k Ω em um potencial de 5 volts. Quando o botão for pressionado, conforme a montagem, o pino terá um nível lógico baixo (0 volt). Usando esses recursos, o código no Arduino imprimirá apenas a temperatura associada ao pino que estiver no estado lógico baixo, ou seja com a chave pressionada. A condição lógica para essa função é a seguinte:

```
if( valUM == LOW){
  Serial.print("Temperatura em graus Celsius = ");
  Serial.println(tempC);
}
```

Essas últimas linhas permitem exibir a temperatura na escala Celsius. Para as demais temperaturas continua o mesmo procedimento, apenas com alteração das variáveis que armazenam a temperatura e o estado lógico do pino digital.

A primeira chave exibirá a temperatura em graus Celsius, a segunda em fahrenheit e a terceira em kelvin. Para entender as relações entre as escalas deve ser feito o registro da temperatura ambiente nas três escalas, a **Tabela 6** é útil para esse registro:

Tabela 6 - Modelo de tabela para registro dos dados do Capítulo 9.

Escala termométrica	Registro de temperatura
Celsius	
Fahrenheit	
Escala Kelvin	

Fonte: do autor.

A atividade desse capítulo é útil para compreender a elaboração de escalas termométrica e poderá funcionar como dispositivo na aferição de temperatura em diversos projetos.

A atividade encerra com a seguinte orientação:

Verifique se as temperaturas registradas pelo dispositivo obedecem às relações matemáticas apresentadas nos fundamentos teóricos deste

4.2.10 Lei Zero da Termodinâmica (Capítulo 10)

A automação no experimento desse capítulo permitirá a verificação da Lei zero da termodinâmica, conseqüentemente ideia para a criação de uma escala termométrica. No cerne dessa lei encontra-se o significado de equilíbrio térmico, útil na determinação de parâmetros termométricos. Vejamos a fundamentação teórica desse assunto no **Quadro 18** a seguir:

Quadro 18 - Fundamentação teórica para o Capítulo 10

Objetivo	Fundamentação teórica
▪ Comparar temperaturas entre corpos. ▪ Verificar a Lei zero da Termodinâmica.	“Se dois corpos A e B estão em equilíbrio térmico com um terceiro corpo T, então, estão em equilíbrio térmico um com o outro” (Halliday, Resnick, & Walker, 1996). Por ser um conceito fundamental, e naturalmente compreendido pelos cientistas, já com a vigência da Primeira e Segunda Lei da termodinâmica, o princípio foi definido como Lei zero da Termodinâmica. O equilíbrio térmico entre dois corpos ocorre quando não há mais troca de calor entre si, o que coincide quando suas temperaturas são equivalentes. Assim um termômetro, quando utilizado para medir a temperatura de uma pessoa, deve ser posto em contato com a pele durante um certo intervalo de tempo até que ocorra equilíbrio

	térmico entre o termômetro e pele da pessoa, o que será registrado no termômetro será uma temperatura igual à da pessoa.
--	--

Fonte: do autor

A construção do dispositivo desse experimento demanda os seguintes materiais, apresentados no **Quadro 19**:

Quadro 19 - Materiais e componentes para o Capítulo 10

Materiais e Componentes	Descrição
▪ 01 Arduino ▪ 02 LM35 ▪ 02 Resistores 1kΩ ▪ <i>Buzzer</i> ▪ Protoboard ▪ Fios jumpers ▪ Balões com água ▪ Caixa de isopor	Além do Arduino, resistores <i>protoboard</i> e fios <i>jumper</i>, para esta atividade será necessário uso de um <i>buzzer</i>, dispositivo piezoelétrico emissor de sinal sonoro, e dois sensores LM35, sensor de temperatura de boa precisão com saída de tensão proporcional a temperatura onde o mesmo se encontra. Os balões serão usados na análise do equilíbrio térmico.

Fonte: do autor

É importante perceber a simplicidade da montagem (**Figura 15**) para realizar as medidas de comparação de temperatura. Os dois termômetros (sensores LM35) devem ser fixados em uma superfície, local onde os corpos usados para comparação de suas temperaturas serão colocados. Caso seja usado um caixa de isopor para por os corpos, os termômetros podem ser fixados na superfície interna e inferior da caixa.

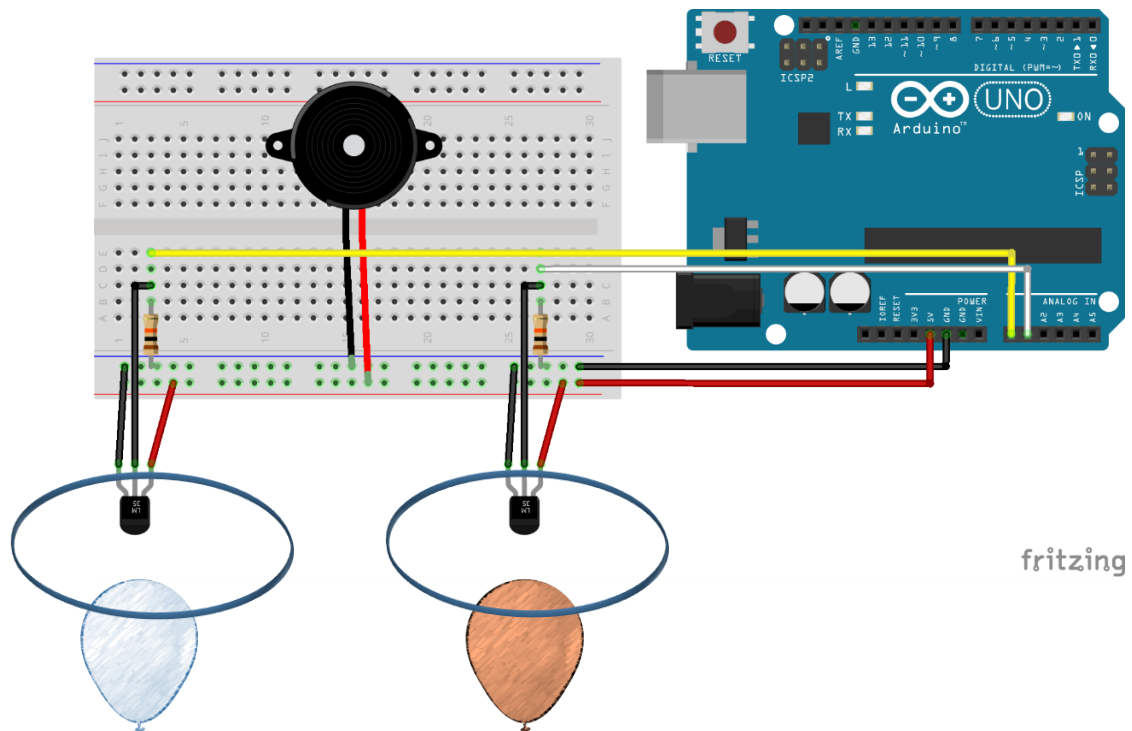


Figura 15 – Montagem para o Capítulo 10. O fios conectados no LM35 devem ser longos o suficiente para facilitar a manipulação e posicionamento.

Fonte: Imagem do autor extraída e editada no *Fritzing*.

Os dois corpos, A (balão azul) e B (balão laranja) por exemplo, devem estar a princípio com temperaturas diferentes, para o estudo do equilíbrio térmico. Use *Jumpers* longos entre os sensores e a *protoboard*, o que facilitará a manipulação e posicionamento.

Eis a parte principal do *sketch*, responsável por armazenar as temperaturas dos sensores nas variáveis e estabelecer as comparações para equilíbrio térmico,

```
temperaturaA = (float(analogRead(LM35A))*5/(1023))/0.01;
temperaturaB = (float(analogRead(LM35B))*5/(1023))/0.01;
if(abs(temperaturaA - temperaturaB) <= 2 ){ // condição lógica para equilíbrio térmico
  Serial.println("Corpo A em equilíbrio térmico com o corpo B");
}
```

Em virtude do fim didático desta atividade a diferença entre as temperaturas dos corpos, quando ocorre o equilíbrio térmico, tem precisão de 0 a 2 unidades, ou seja, quando a diferença de temperatura for de 2 unidades um alarme soará indicando que os dois corpos estão a mesma temperatura. Esse parâmetro de 2 unidade foi considerado em virtude de possíveis divergências entre os dois sensores.

O código que fará o alarme soar é o seguinte:

```
for(int x=0;x<180;x++){
  seno=(sin(x*3.1416/180));
  //gera uma frequência a partir do seno
  frequencia = 2000+(int(seno*1000));
}
```

```
tone(buzzer,frequencia);
delay(2);
}
else{
  noTone(buzzer);
}
```

Um sinal senoidal é criado se a condição lógica da parte principal for satisfeita.

A execução do experimento, após a montagem ser concluída é bem simples, consiste em separar dois objetos com temperaturas diferentes – sugestão de dois balões com o mesmo volume de água – Deixar um dos balões por alguns minutos em um refrigerador, o outro à temperatura ambiente. Quando o código for descarregado no Arduino e o monitor serial for iniciado, o programa solicita que os dois corpos sejam posicionados próximos aos termômetros A e B. Importante colocar os dois balões em um local isolado termicamente do meio externo, uma caixa de isopor por exemplo. O objetivo é mostrar quando ocorre o equilíbrio térmico entre os dois corpos.

Neste experimento os dois corpos trocarão calor entre si e com a caixa, quando as temperaturas dos corpos forem iguais conclui-se que estarão em equilíbrio térmico, neste momento o *buzzer* emitirá um som de sirene, além da seguinte exibição no monitor serial:

Corpo A em equilíbrio térmico com o corpo B

A atividade finda com os seguintes questionamentos e sugestões, que devem ser encaminhados pelo professor aos seus alunos:

1. *Em caso da utilização de volumes menores, o tempo para que ocorra o equilíbrio térmico ocorre também é menor?*
2. *Como os dois sensores podem medir temperaturas de forma independente, reflita sobre possíveis aplicações que solucionaria problemas do cotidiano. Apresente sua reflexão ao professor e lembre-se, seu desenvolvimento pode torna-se em um excelente projeto para feiras de ciências.*

4.2.11 Primeira e Segunda Lei de Ohm (Capítulo 11)

Neste capítulo será possível compreender sobre a resistência elétrica. O contexto inicial desse capítulo expõe a importância das investigações sobre resistência elétrica, indicando como exemplo, investigações que buscam o desenvolvimento de materiais cerâmicos que não apresentam resistividade elétrica, propriedade que define os supercondutores, importantes para a criação de circuitos que não perdem energia por *efeito Joule*. Os fundamentos teóricos a serem discutidos referem-se aos esforços do físico alemão George Simon Ohm sobre a condução elétrica e estão apresentados no **Quadro 20**.

Quadro 20 - Fundamentação teórica para o Capítulo 11

Objetivo	Fundamentação teórica
▪ Analisar comportamento dos resistores ôhmicos. ▪ Compreender as relações de proporcionalidades entre correntes, tensão e resistência elétrica.	Os estudos de Georg Simon Ohm foram importantes para a compreensão da resistência elétrica nos materiais, que <i>a priori</i> tratam-se das dificuldades de movimento, enfrentada pelos elétrons nos condutores, quando submetido a uma diferença de potencial. Cada material apresenta uma resistência distinta que é calculada pela razão entre a tensão (U) e a corrente elétrica(i) no material: $R = \frac{U}{i} \quad (11.1)$ Para alguns materiais, a resistência revela-se constante ao variar até certo limite a tensão elétrica do mesmo. Esse fenômeno é conhecido como a Primeira lei de Ohm. A Segunda lei de Ohm relaciona as características físicas que determinam a resistência de um condutor: $R = \rho \frac{L}{A} \quad (11.2)$ Portanto, a resistividade elétrica (ρ) do tipo de material, a área da seção transversal (A) do condutor e seu comprimento(L) determinam sua resistência elétrica.

Fonte: do autor

Nesse experimento será usado um potenciômetro que ajudará comprovar a segunda lei e um resistor para a primeira. Vejamos os materiais no **Quadro 21**.

Quadro 21 - Materiais e componentes para o Capítulo 11

Materiais e Componentes	Descrição
▪ Arduino ▪ Fios jumpers	Além do Arduino, nesse experimento, os resistores e potenciômetro desempenham função

▪ 2 resistores de 330Ω (laranja-laranja-marrom) ▪ 01 Potenciômetro de $10k\Omega$ ▪ 01 LED ▪ Multímetro (opcional)	importante na análise da resistência. A opção do multímetro é apresentada como uma forma de verificação da tensão entre os terminais dos resistores ou potenciômetro, o que permite uma comparação com os valores informados no monitor serial. O multímetro deve ser usado também para determinação exata do valor da resistência usada.
---	---

Fonte: do autor

Observar a disposição de cada componente na **Figura 16**. Os elementos que serão analisados serão o resistor, que está associado em paralelo com o LED, e o potenciômetro. A análise do resistor consistirá no registro das tensões e da corrente para averiguação da Primeira lei de Ohm. O potenciômetro, tem sua resistência modificada quando alterada a posição angular do seu eixo de rotação. Essa modificação ocorre devido a variação no comprimento do condutor. Nesse caso, o potenciômetro demonstrará aplicabilidade da Segunda lei de Ohm.

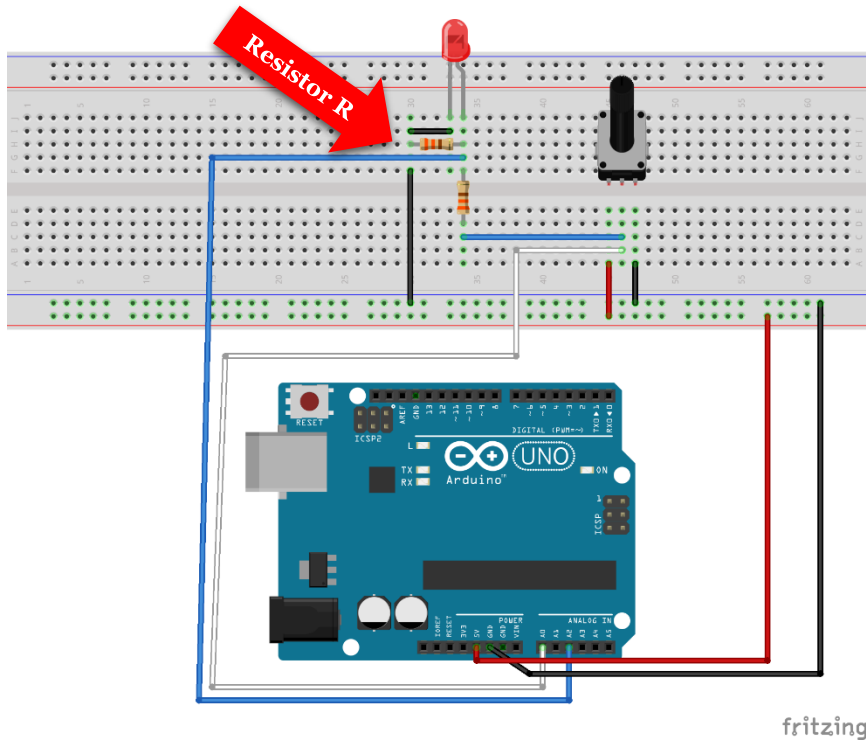


Figura 16 – Montagem para Capítulo 11. Esquema de montagem para demonstração da 1ª e 2ª Lei de Ohm.

Fonte: Imagem do autor extraída e editada no *Fritzing*.

Os comentários no programa (texto precedido de //), contêm informações sobre as funções utilizadas e sugestão de edição no programa para algum ajuste necessário. Por exemplo,

o valor da resistência R na linha 29 deve ser igual a resistência do resistor utilizado, o sugerido é o resistor de 330 Ohm, mas caso seja utilizado um resistor com outro valor, faça a alteração. Para uma maior precisão determine a resistência do resistor R usando o multímetro, e altere o valor no programa (linha 29). As definições iniciais do *sketch* são as seguintes:

```
define potenPin 0 // define a entrada analógica para o Potenciômetro
#define voltPin 2 // define a entrada analógica para o resistor
float Rx; // variável que armazena valor da resistência em OHM do potenciômetro 0 a 10k
float R0; // variável que armazena valor da resistência
float corrente; // variável para armazenar valor da corrente
float voltvalor; // cria variável para armazenar o valor da tensão do RESISTOR observado
float potenvalor; // cria variável para armazenar valor da resistência 0 a 1023.
float U;
float Ux;
```

A parte do *sketch* contendo as configurações está posta da seguinte forma:

```
Serial.begin(9600); //inicial a serial
Serial.println(".....");
Serial.println("MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FISICA - MNPEF");
Serial.println("PRODUTO DESENVOLVIDO POR: OSEIAS MOURAO");
Serial.println(".....");
delay(2000); //Pausa de 4 segundos
Serial.println(".....");
Serial.println("PRIMEIRA E SEGUNDA LEI DE OHM");
Serial.println(".....");
delay(4000); //Pausa de 2 segundos
Serial.println(".....");
R0 = 330; // Você pode editar o valor de R. resistencia em Ohms para saber o valor exato use um ohmimetro,
ou veja o código de cores para valor aproximado
Serial.println("Medidas para um Resistor de 330");
Serial.println(".....");
delay(2000); //Pausa de 2 segundos
```

As linhas de comando responsáveis por coletar os valores nas portas analógicas em uso, contém a relação matemática para a primeira Lei de ohm:

```
voltvalor = analogRead(voltPin); // Lê o valor registrado no resistor e armazena na variável "voltvalor"
potenvalor = analogRead(potenPin); // Lê o valor registrado no potenciometro e armazena na variável
"potenvalor"
U = voltvalor/204.6;
corrente = U/R0; //relação matemática para 1ª lei de Ohm.
Rx = -((potenvalor/102.3)-10);
Serial.println(".....");
Serial.print("Resistencia do potenciometro em quiloohm Rx="); //Imprime na serial O TEXTO ENTRE ASPAS.
Serial.println(Rx); //Imprime na serial o valor da resistencia do potenciometro
Serial.print("Tensao (em Volts) no Resistor R U= "); //Imprime na serial "tensão(em volts) = "
Serial.println(U); //Imprime na serial o valor lido
Serial.print("Corrente (em Ampere) no Resistor R i= ");
Serial.println(corrente, 6); //Imprime na serial o valor lido com 6 casas decimais
Serial.println(".....");
delay(2000); //Aguarda 2 segundos
```

Feito todos os procedimentos de montagem, *upload* do código e iniciado o monitor serial será exibido informações semelhantes a estas:

```
.....
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF
PRODUTO DESENVOLVIDO POR: OSEIAS MOURÃO
.....
PRIMEIRA E SEGUNDA LEI DE OHM
.....
Resistencia do potenciometro em quiloohm Rx=
.....
Medidas para um resistor de 330 ohm
.....
```

.....
 Resistência do potenciômetro em quiloohms R_x =
 Tensão (em volts) no resistor R . U =
 Corrente (em ampère) no resistor R . i =

Conforme essa exibição, a cada 2 segundos serão mostrados: a resistência R_x do potenciômetro em quiloohms ($k\Omega$); a tensão U (em volts) no resistor R ; e a corrente i (em ampère) no resistor R .

Enquanto o monitor exibe os valores, o professor orienta seus alunos a girarem cuidadosamente o potenciômetro, variando sua resistência, partindo do seu mínimo até o máximo e registrar, na **Tabela 7**, os valores para a tensão e corrente no resistor R , exibidos no monitor. Depois de fixada a posição do potenciômetro, caso as medidas oscilem, anotar os valores que mais se repetem, ou para maior precisão, calcular a média aritmética dos valores.

Tabela 7 - Modelo de tabela para registro dos dados do Capítulo 11.

AJUSTE O POTENCIÔMETRO PARA ESTAS RESISTÊNCIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9
MEDIDAS DA TENSÃO (U) PARA O RESISTOR R									
MEDIDAS DA CORRENTE (i) PARA O RESISTOR R									

Fonte: do autor.

A análise sobre a primeira lei será baseada no resistor indicado na montagem, cujas medidas de tensão, corrente e são mostrados no monitor serial. A função do potenciômetro é dividir a tensão, alterando-a para o resistor R . A análise da segunda lei é tomada verificando, também no monitor serial, os valores da resistência elétrica do mesmo. Essas análises ocorrem mediante os questionamentos, no final do capítulo, aqui apresentados:

1. *Elabore um gráfico $U \times i$ para o Resistor R e verifique se a 1ª lei de Ohm é satisfeita. Explique.*
2. *Observe que a rotação do eixo do potenciômetro implica na variação da tensão e da corrente do resistor R . As verificações dos valores dessas grandezas podem ser autenticadas com o uso de um multímetro, ou simplesmente percebendo a variação da intensidade luminosa do LED. Portanto, porque a variação da posição angular do eixo de rotação do potenciômetro causa alterações na tensão do resistor R ?*

3. *Apresente uma proposta para um projeto de ciência em que se possa aplicar conhecimentos sobre resistência elétrica.*

Em conformidade com a proposta pedagógica do Produto Educacional é essencial que o professor provenha os alunos com o conhecimento necessário, porém incentivando-os a superarem os atos simples de respostas para indagações e a imaginarem e proporem soluções para problemas do seu cotidiano, usando os conhecimentos assimilados como apoio.

4.2.12 Fotorresistividade de um semicondutor (Capítulo 12)

Nesse capítulo é descrito o funcionamento de um tipo de fotorresistor e como a intensidade de luz poderá afetá-lo. Nesse caso é utilizado o LDR. Normalmente a aplicação deste componente está relacionada a algum tipo de sensoramento. Como a resistência elétrica já foi abordada no capítulo anterior, do ponto de vista das leis de Ohm, o **Quadro 22** conterà informações específicas sobre o LDR, fazendo menção ao efeito fotoelétrico.

Quadro 22 - Fundamentação teórica para o Capítulo 12

Objetivo	Fundamentação teórica
▪ Verificar propriedades fotorresistivas de um semicondutor ▪ Fortalecer o conhecimento sobre resistência elétrica; ▪ Analisar relações de proporcionalidade entre medidas.	O LDR, termo original do inglês <i>Light Dependent Resistor</i>, ou seja, um resistor dependente de luz, é constituído basicamente de um material semicondutor cuja resistência é determinada pela intensidade da luz incidente. O LDR apresenta uma resistência elétrica mínima quando exposto a uma alta intensidade luminosa e uma resistência elétrica máxima na ausência de luz. A resistência de um LDR é alterada em função da variação da resistividade do material semicondutor que o constitui, a explicação fundamental para essa alteração é o efeito fotoelétrico que consiste na emissão de elétrons em um metal, quando exposto a certas frequências de luz. No LDR os elétrons

	não chegam a ser emitidos do material, mas a energia dos fótons de luz é suficiente para que os elétrons saiam da banda de valência para a banda de condução, o que implica na diminuição da resistência elétrica do material; ou seja, quanto maior a intensidade de luz menor será a resistência elétrica do material.
--	--

Fonte: do autor

As conexões dos componentes são descritas na montagem, **Figura 17**. As Conexões entre as duas *protoboards* devem ser feitas com fio de aproximadamente 200 cm, para que seja possível a variação da distância entre o LED e o LDR. A lista de materiais para o experimento é descrita a seguir, no **Quadro 23**:

Quadro 23 - Materiais e componentes para o Capítulo 12

Materiais e Componentes	Descrição
▪ LDR ▪ LED ▪ Resistor 10kΩ ▪ Resistor 330Ω ▪ Arduino ▪ 02 Protoboard ▪ Jumpers ▪ Régua ou trena	As duas <i>protoboards</i> para esse experimento se dá em razão da variação da distância entre LED e LDR. A régua será uma ferramenta importante para certificação das distâncias.

Fonte: do autor

Notar que na **Figura 17** o LDR e o resistor estão em série e na divisão de tensão relacionada a um dos terminais do LDR é inserido um condutor conectado a porta analógica zero (A0) do Arduino. Essa porta receberá os valores referentes a tensão elétrica entre os terminais do LDR. Os valores indicam a medida da intensidade luminosa incidente sobre LDR.

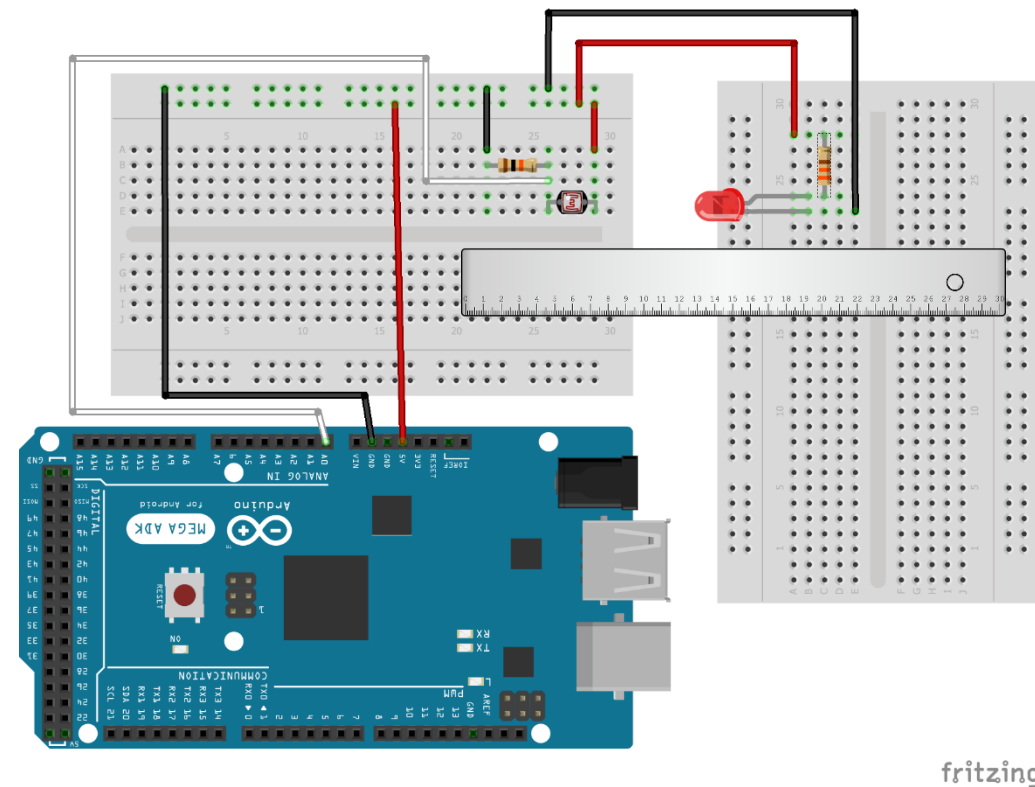


Figura 17 – Montagem para o Capítulo 12. O LDR e o LED devem ser posicionados frente a frente e variar a distância entre ambos conforme indicação da **Tabela 8**.

Fonte: Imagem do autor extraída e editada no *Fritzing*.

Omitindo as linhas de comando que contêm a apresentação da atividade, todo o *sketch* restante é disponibilizado da seguinte forma:

```
int ldrPin = 0; // indica que o LDR deve esta no pino analógico 0
int ldrValor = 0; // armazena medidas do LDR

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

void loop() {
  ldrValor = analogRead(ldrPin); // lê o valor do LDR
  delay(1000); // tempo de espera de 1 segundo
  Serial.println(ldrValor);
}
```

De acordo com a programação definimos a variável *ldrValor* para armazenar a medida vinculada à resistência, vinculada porque não é literalmente a medida da resistência. O valor lido na porta analógica expressa a tensão elétrica entre os terminais do LDR explicitado de 0 a 1023 (0 a 5 volts). O comando *Serial.println* imprimirá o valor do LDR no Monitor Serial, cuja medida será proporcional à resistência elétrica do mesmo.

Feito todos os procedimentos de montagem, Arduino conectado ao computador, *upload* do código e o Monitor Serial iniciado (ctrl+shift+m) verifique se os valores são mostrados. Se

tudo estiver correto a cada 1 segundo o valor do LDR será atualizado em uma nova linha. Posicione as *protoboards* de tal forma que o LDR e o LED fiquem sempre alinhados e anote os valores o LDR registrados no Monitor Serial para cada distância, conforme **Tabela 8**:

Tabela 8 - Modelo de tabela para registro dos dados do Capítulo 12

REGISTROS	01	02	03	04	05	05	07	08	09	10
DISTÂNCIAS ENTRE LDR E LED										
VALORES DO LDR (Ver monitor serial)										
MÉDIA										

Nota. As distâncias devem ser determinadas pelo professor. Para facilitar a análise é importante adotar distâncias de até 2 metros.

Fonte: do autor.

O primeiro registro a 0 cm, o segundo a 45 cm, o terceiro a 90 cm e assim por diante, mantendo a mesma razão até o 10 registro. Esses valores são apenas sugestões, é possível escolher outros valores, a critério do professor. Com base nas medidas do LDR, para cada distância adotada, o professor deverá orientar seus alunos a resolverem as seguintes questões:

1. *Elabore um gráfico com os dados coletados relacionando os valores do LDR com a distância do LED.*
2. *Você deve ter verificado que a resistência do LDR (valores do LDR) mudou com a variação da intensidade da luz ao mover o LED. Qual a relação de proporcionalidade entre a intensidade da luz e a resistência do LDR?*
3. *Refleta sobre possíveis aplicações no dia-a-dia usando esse recurso da variação da resistência elétrica em um circuito baseado na variação da intensidade luminosa. Levante novas hipótese. Comente a respeito e, se possível, crie com a ajuda do seu professor algum projeto de pesquisa; podendo inclusive expor suas descobertas ou propostas de intervenção em eventos públicos, como em feiras de ciências por exemplo.*

4.3 Implementação em sala de aula

As aplicações das atividades do práticas do *ebook* ocorreram na escola Liceu de Tianguá José Ni Moreira, com o intuito de verificar a relevância das atividades e o método. Nos testes participaram alunos do 1º ao 3º ano do ensino médio. Dois tipos de atividades foram realizados,

o primeiro tipo com uma turma de 3º ano com 30 alunos, o segundo com grupos mistos envolvendo duplas ou trios de alunos do 1º, 2º e 3º Ano.

A aplicação das atividades na turma com 30 alunos não foi satisfatória, uma vez que a quantidade de pessoas envolvidas na mesma atividade a tornou improdutiva. É importante que cada aluno consiga ver e manipular o experimento. As características do experimento dessa aplicação foram similares às características do “laboratório de cátedra” (Filho, 2000), com o intuito de complementar o conteúdo já estudado em sala de aula. A turma de alunos foi convidada a participar da atividade prática referente ao Capítulo 11 do ebook: Primeira e segunda Lei de Ohm. O objetivo de promover um ensino motivador não foi garantindo para atividades experimentais com essas características.

Em vista da necessidade de os alunos interagirem entre si e de todos terem a oportunidade de manipularem o experimento, o segundo tipo de atividade para aplicação das práticas configurou-se, definitivamente, como partes das aulas práticas das disciplinas optativas: **Robótica educacional**, em 2016, e **Física & Arduino**, em 2017. As duas disciplinas citadas foram oferecidas aos alunos da referida escola, como a matrícula era opcional e as aulas ocorrerem em contra turno, o número de alunos participantes foi bem reduzido. Além disso, em virtude de ser utilizado um único kit, com uma placa Arduino e componentes, a matrícula foi fixada em apenas 10 alunos por turno.

Foi ministrado aos alunos participantes de cada turno aulas sobre as características e funcionalidades do Arduino e de seus componentes. Após a compreensão das funcionalidades da placa e dos componentes, as atividades iam sendo propostas. Entretanto, antes da execução das atividades, o grupo de alunos era subdividido, em duplas ou trios. Dessa forma todos conseguiam realizar as montagens experimentais. Obviamente, as duplas (ou trios) poderiam trocar informações, visto que, enquanto uns realizavam as montagens no Arduino e na *Protoboard*, outros analisavam e editavam a programação no software do Arduino. Essas interações são extremamente relevantes, pois a socialização do que é compreendido influi diretamente no desenvolvimento dos alunos. Os momentos de progresso da atividade são oportunos para mediação do professor, uma vez que pode surgir situações em que o professor necessite atuar na *zona de desenvolvimento proximal* do aluno (Oliveira, 2010). Claro que os diálogos entre os membros das equipes também são oportunos para o desenvolvimento, as contribuições individuais somam-se e muitas vezes tornam-se esclarecedoras para o grupo e consequentemente para seus componentes. Esses últimos aspectos citados, referentes à

interação social, encontram fundamentos na concepção de distribuição social da mente, teoria fundada na tradição de Vygotsky (Pereira, Ostermann, & Cavalcanti, 2012).

As aplicações das experiências abrangeram o período de agosto de 2016 a novembro de 2017, como parte das atividades das disciplinas optativas já citadas. As aplicações permitiram analisar a relevância da proposta e fazer correções nas atividades. Nestas aplicações, para a execução de uma atividade gastou-se em média 90 minutos, todavia, é importante que o professor deixe à disposição dos alunos todos os materiais necessários à montagem.

Os encontros ocorreram uma vez por semana no laboratório de Física da escola, durante três meses. No primeiro encontro, com duração de 90 minutos, eram apresentadas as funcionalidades do Arduino. No segundo encontro, com duração também de 90 minutos, ocorria a execução de uma das atividades, indicada a uma dupla ou trio de alunos. No fim do segundo encontro, eram levantados os questionamentos, conforme consta na atividade de cada capítulo do *ebook*. Os alunos tinham uma semana para pesquisarem e reverem os dados experimentais coletados e finalmente compor soluções para apresentação no terceiro encontro. Logo, o tempo mínimo de dedicação dos alunos envolvidos era o de três encontros.

Os questionamentos e levantamentos de hipóteses das atividades dos capítulos 8, 10, 11 e 12 estimulam a criação de alguma ação intervencionista, onde o aluno, baseado no que aprendeu durante a execução de uma destas atividades, tem total liberdade na sua proposta e implementação, obviamente, sob mediação do professor. Portanto, no terceiro encontro os envolvidos nessas atividades eram estimulados a idealizarem algum tipo de projeto para apresentação nas feiras de Ciências interna e externa à escola. Em 2016 a ideia mais viável constituiu um pequeno projeto de pesquisa, descrito e apresentado no Capítulo 5 deste trabalho na subseção 5.2.

Em 2017, as aplicações do produto motivaram um trio de alunos de 1º Ano, a desenvolverem uma mão robótica controlada através de sensores infravermelhos, o projeto foi baseado nas funcionalidades dos sensores infravermelhos (fotodiodos), utilizados nos capítulos 2, 3 e 4. Os resumos dos projetos de 2016 e 2017 constam como anexo nesta dissertação.

Foi notável que as aulas iniciais de apresentação e aplicação das atividades foram rígidas quanto ao andamento das mesmas, predominando o caráter tradicional de ensino. Todavia, a partir do terceiro encontro a proatividade dos alunos é ressaltada, onde a atuação docente deve ser de estimular e orientar, entretanto deixando a critério do aluno o que realizar e o modo de

conduzir as ações do projeto, do qual são os autores. Essa liberdade permitida ao aluno pode ser desconfortante para o educador, porém é importante destacar que essa permissividade induz à motivação intrínseca, mais efetiva que a motivação externa (Arias, 2004). É aqui também que se nota a inclusão de princípios da escola progressiva, onde a aprendizagem, e como ela ocorrerá é definida de dentro para fora (Teixeira, 1928).

A postura do professor em virtude das ações dos alunos, não deve ser de relaxamento. Se o aluno poderá ter seu próprio modo de execução da pesquisa, o professor não deverá despreocupar-se quanto à elaboração de um plano de ensino e qual a melhor forma para sua realização. O professor deverá preparar seu plano e no progresso das atividades ter subsídio para orientar, principalmente em relação a falta de certas competências do aluno. Para assumir essa postura o professor deverá observar e acompanhar muito bem seus alunos, o que lhe permite atuar nos momentos críticos de aprendizagem. Aqui a tarefa é um tanto complexa para a realidade de muitos professores, pois a atenção requerida para atuar em uma possível ZDP é individualizada; isso em razão da mediação do professor ser distinta para cada aluno (Miranda, 2005).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As aplicações experimentais para os grupos reduzidos apresentaram-se bem satisfatória, observou-se um interesse genuíno pelos temas das atividades, notavelmente pela inclusão do Arduino nos experimentos. Além da influência dos dispositivos eletrônicos, Arduino e sensores, foi relevante a liberdade nas ações dos experimentos, principalmente na aplicação do conhecimento adquirido.

A natureza dinâmica e criativa dos jovens envolvidos nas atividades foi preponderante para o sucesso das atividades, desde a simples realização das tarefas básicas propostas até idealização de novos projetos, envolvendo o que foi compreendido.

Todos os experimentos do foram automatizados com os recursos do Arduino e seu componentes. A automação consistiu em captar, processar e exibir dados referentes às grandezas físicas, úteis na análise e assimilação dos princípios físicos considerados.

É importante advertir sobre a precisão de certas medidas e dos possíveis valores exibidos no monitor serial. Baseado nos teste e aplicações realizados, são apresentados no ebook, ao fim das séries experimentais, possíveis respostas para os questionamentos e hipóteses de cada capítulo. Levando em conta que as condições de montagem dos experimentos influenciam nos resultados, podendo divergir entre um ou outro aplicador do produto, o que necessariamente não compromete o experimento.

5.1 O contexto Escolar, aplicações e relatos

A implementação do práticas de Física foi sempre direcionada aos alunos matriculados na disciplina de Robótica educacional e Física & Arduino. A participação interativa desses alunos possibilitou a elaboração de projetos baseados nas compreensões de princípios físicos e do funcionamento do Arduino. No período de aplicação do produto, uma das atividades gerou um projeto bem-sucedido, desenvolvido por uma dupla de alunos, que se baseou em situações-problemas em que a Física e suas tecnologias pudessem intervir. A transformação da atividade em um projeto de pesquisa propiciou uma aprendizagem livre, muito mais motivadora, com aspectos democráticos e baseada nas experiências (Dewey, 1979).

As aulas de Robótica educacional e Física & Arduino, contexto de aplicação do produto, seguiu aspectos do Laboratório divergente, a primeira parte consistiu em esclarecer as

funcionalidades do Arduino, demais componentes do experimento e princípios físicos. Com os esquemas de montagens à disposição, os alunos eram orientados a realizarem a montagem do circuito na *protoboard* (exemplo, **Figura 18**) e adicionarem os códigos no Arduino, para então ser possível a execução do experimento e coleta de dados no monitor serial. Essa primeira parte findou com as análises levantadas na seção de questionamentos e hipóteses – Seção final de cada capítulo. Nessa etapa final é importante que sejam feitas novas investigações, cuja contrapartida seja do aluno, porém acompanhada pelo professor.

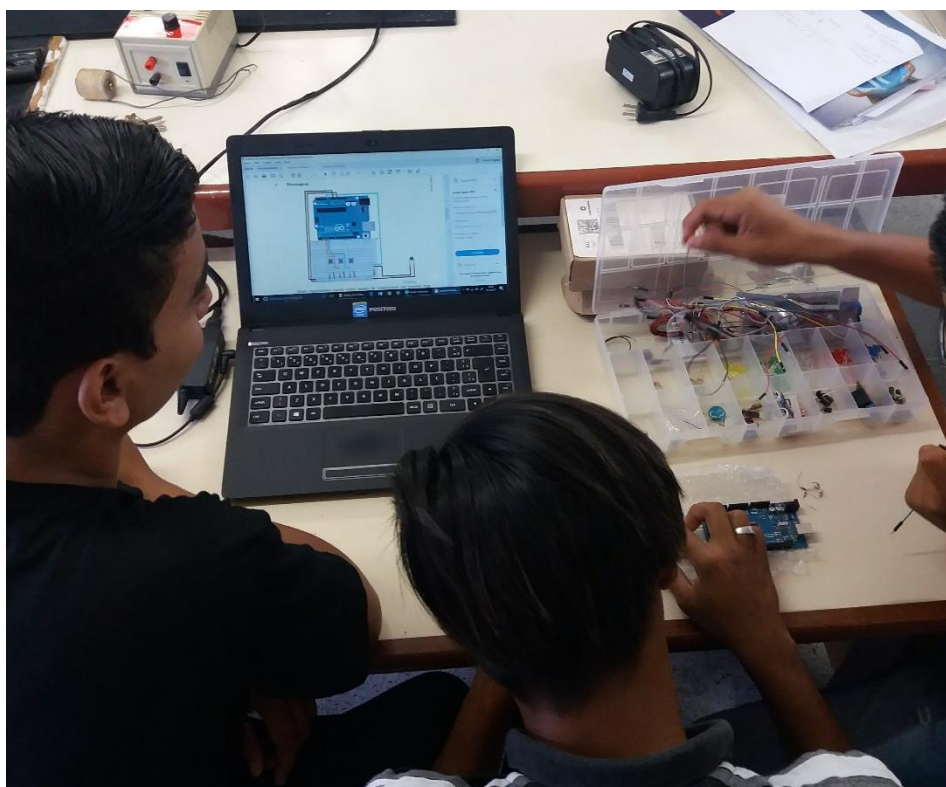


Figura 18 - Alunos montando sensor de temperatura. Automação e programação realizada para o experimento de escalas termométricas.

A segunda parte de aplicação, consistiu no Laboratório de Projetos, onde os alunos foram orientados a refletirem e conversarem sobre os princípios estudados e as possibilidades de aplicação do Arduino, para então proporem o desenvolvimento de algum dispositivo.

A proposta apresentada que gerou um projeto bem-sucedido fez referência aos princípios físicos e funcionalidades no Capítulo 12. Consistiu no desenvolvimento de um dispositivo denominado “Sensor RGB para daltônicos, uma automação baseada na plataforma Arduino”, como o título sugere, o dispositivo auxilia daltônicos na determinação de cores, conforme **Figura 19**.



Figura 19 - Sensor RGB. Dispositivo desenvolvido a partir de atividades experimentais referentes ao Capítulo 12 do *ebook*. O nome RGB se deve ao fato de estar sendo utilizado um LED RGB que emite luz nas cores Vermelho, Verde e Azul. O dispositivo exibia numa tela LCD a cor do objeto posicionado sobre o sensor.

Fonte: do autor.

Foi usado neste dispositivo um sensor LDR como sensor de luminosidade, usando os princípios abordados no Capítulo 12 sobre fotorresistividade. Todavia, a experimentação nesse capítulo apresenta montagem e análise para apenas uma frequência luminosa. Para o desenvolvimento da proposta foram inseridos novos componentes e parâmetros na programação do código para o Arduino. A **Figura 20** apresenta um dos momentos de testes do sensor LDR para este experimento.

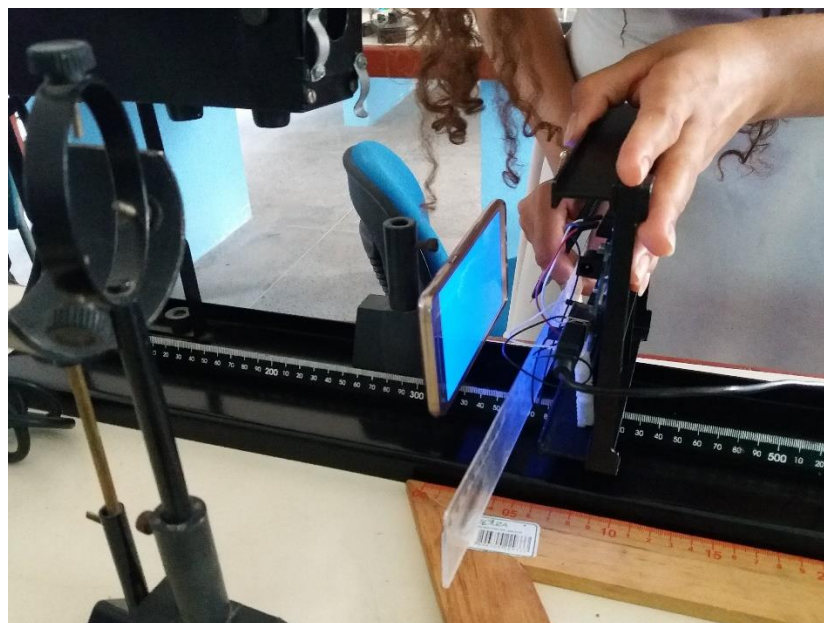


Figura 20 - Testes com LDR. Momento de interação com alunos para verificar aplicabilidade da automação do experimento de Fotorresistividade.

Os resultados do dispositivo foram satisfatórios e, portanto, reconhecidos para participação do Ceará Científico de 2016, evento promovido pelo Governo do Estado do Ceará, em que reúne os melhores projetos escolares das escolas públicas do Estado, divididos em categorias. O trabalho concorreu na categoria Robótica educacional (ver **Figura 21**).



Figura 21 - Apresentação do trabalho no dia 16 de dezembro de 2016 no estande 05 - Robótica educacional do Ceará Científico. Em destaque o dispositivo e um dos alunos participante do projeto, Francisco Lucas de C. Damasceno. O dispositivo, exibia no LCD a cor do objeto posicionado sobre o sensor (LED emissor RGB e LDR).

Fonte: do autor.

Para mais detalhes do projeto é possível consultar o projeto no blog <http://geralfisica.blogspot.com.br>

Evidente que o diagnóstico sobre a qualidade metodológica desse Produto Educacional não pode ser determinado apenas pela participação em feiras e eventos científicos, entretanto o envolvimento em eventos desse tipo motiva a todos os envolvidos. Os demais alunos participantes das atividades e que não tiveram a oportunidade de desenvolver e apresentar algum projeto, puderam também entender sobre os princípios físicos discutidos.

Cada aluno envolvido nas atividades escreveu um depoimento, expressando suas impressões sobre as atividades. Em uma análise geral dos depoimentos, expressaram quão motivadora foram as atividades práticas. Os depoimentos foram propositalmente não identificados, quanto à autoria. Isso para que sentissem liberdade ao se expressarem. Nos parágrafos seguintes é destacado alguns trechos dos depoimentos dos alunos, os trechos são transcrições, mantidas as possíveis incorreções gramaticais e ortográficas.

Sobre a motivação, relata um dos alunos, que as aulas *foram significativas para uma maior motivação em Física e também experiências de vida*. A diversidade imposta nas atividades foi fator importante para essa motivação, tanto que um outro aluno destaca no seu depoimento: *As aulas (..) são muito interessantes pois estimulam muito o nosso aprendizado de várias formas, no trabalho em equipe, (...)*.

Alguns alunos consideraram as atividades interessantes por contribuir no aprendizado, um deles escreve que as atividades *ajudam a melhorar o desempenho do aluno na sala de aula*. Muitos desses alunos atribuem essa contribuição à parte prática.

Notaram também que a automação dos experimentos ajudou no entendimento da disciplina de Física, *considerada complicada para alguns alunos*, conforme trecho em um dos depoimentos.

As atividades, pela sua natureza experimental em envolver a Física e dispositivos eletrônicos, traz novas impressões pessoais sobre a disciplina de Física, impressões que aproximam o aluno de uma cultura científica. Um aluno, que provavelmente tinha certa antipatia pelas aulas de Física, declara: *O curso de Física me ajudou olhar para disciplina por outro lado um lado legal onde aprendi de uma forma melhor. O curso também me abriu outras portas de conhecimento*. É certo que as “outras portas de conhecimentos” referem-se às tecnologias resultantes dos conhecimentos sobre Física e das descobertas produzidas pelas novas tecnologias.

O total de alunos que participaram das atividades foi de 10 alunos por turno, inscritos nos dois cursos ofertados pela escola, no ano de 2016 e 2017. Abrangeu um total de 40 alunos, nesses dois anos de oferta. A escola, onde ocorreram os testes, é uma instituição de Ensino Médio da rede pública do Estado do Ceará, com matrícula total de 819 alunos em 2017, segundo dados da secretaria escolar; e 784 alunos em 2016, cujas taxas de rendimento para esse ano foram de 11,2% de reprovação, 6,1% de abandono e 82,7% de aprovação, conforme informações do INEP (Brasil, 2016), presentes no **Gráfico 3**.

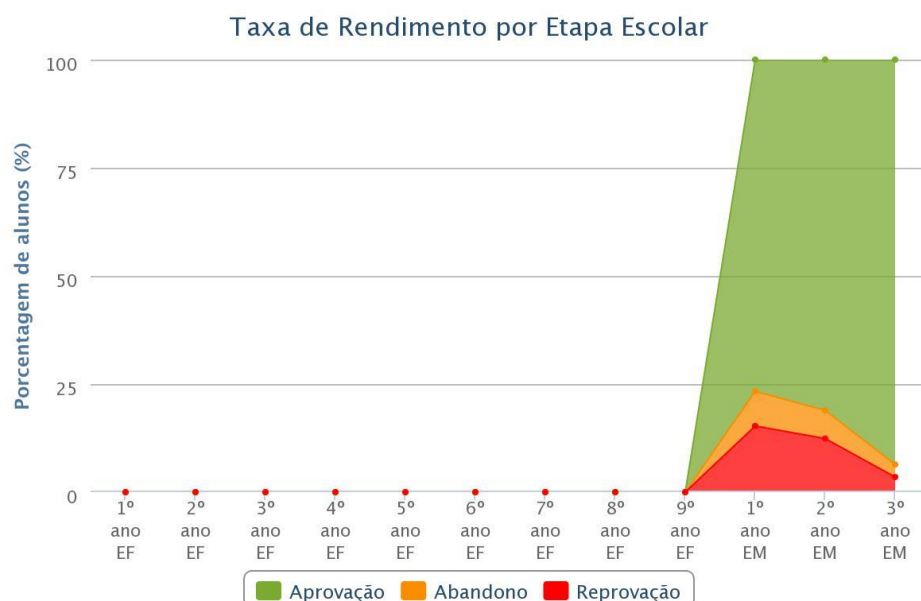


Gráfico 1 - Taxa de rendimento da Escola Liceu de Tianguá em 2016, segundo censo escolar 2016.

Fonte: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. (Brasil, 2016).

Os índices apresentados para o ano de 2016 não são satisfatórios, indicando a necessidade de redefinições pedagógicas. Para a implementação das práticas experimentais, a fim de analisar a relevância das atividades, é um cenário ideal para testes, uma vez que a escola necessita da inclusão de novas ferramentas educacionais.

Obviamente, o foco da aplicação das atividades do *ebook* não foi produzir resultados imediatos no rendimento escolar no âmbito da disciplina de Física, mas verificar a relevância do projeto para uma possível implementação progressiva. As possíveis contribuições no rendimento da escola, em virtude da aplicação do produto poderão ser futuramente analisadas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento e implementação das atividades do *ebook* resultaram, portanto, da análise dos trabalhos, apresentados na seção 2.1 e 2.2 desta obra dissertativa. As propostas para o ensino de Física, lá destacadas, serviram de base para a automação das práticas experimentais de cada capítulo do *ebook*, especialmente na aquisição de dados por meio de sensores através da interface Arduino.

A versão completa do *ebook* sintetiza as principais funcionalidades do Arduino, apresentando 11 experimentos de Física com Arduino, nas áreas de cinemática, dinâmica, termometria, hidrostática e eletricidade. Alguns experimentos inéditos e outros já conhecidos, porém reformulados, com a inserção de automatização na coleta de dados. Há, no entanto perspectivas de novas atividades, abrangendo outros assuntos de Física, como Acústica, Óptica e eletromagnetismo; em razão dos sensores compatíveis com placa Arduino, como sensor de som, ultrassônico e de luminosidade.

Conforme as análises precedentes neste trabalho, a estruturação da metodologia do *ebook* harmoniza-se a princípios filosóficos, como os de John Dewey, que pressupõem um ambiente educacional multidisciplinar na resolução de problemas legítimos. Também, as particularidades ideológicas da metodologia aqui apresentadas, fazem referência à teoria de Vygotsky, uma vez que as atividades mediadas pelo professor podem levar seus alunos a atingirem níveis de desenvolvimento mais elevados, isso enquanto interagem entre si, dialogando e compartilhando conhecimento.

Em suma, as novas impressões pessoais sobre Física, adquiridas pelo aluno, com a inclusão das atividades experimentais automatizadas nas aulas, auxiliam o docente na promoção da motivação, o desígnio do Produto Educacional. A motivação para aprender é necessária, interna ou externa, como expõe Arias (2004) conduzem à aquisição de conhecimento. Por fim, espera-se que tanto o recurso didático do *ebook* quanto o instrucional desta dissertação contribuam para a prática pedagógica do professor de Física. Esses recursos estarão disponíveis no site do Mestrado Nacional em Ensino de Física – MNPEF/SBF⁷ e no site www.fisicarduino.com.

⁷ <http://www1.fisica.org.br/mnpef/?q=defesas>

REFERÊNCIAS

- Arias, J. d. (2004). Perspectivas recientes en el estudio de la motivación: la Teoría de la Orientación de Meta. *Revista Electrónica de Investigación Psicoeducativa*, 2(1), 35-62.
- Ausubel, D. P. (2000). *The Acquisition and Retention of Knowledge: A Cognitive View*. New York: Kluwer Academic Publishers.
- Baldo, D. A., Almeida, J. L., Junior, J. M., Aranha, N., & Junior, W. B. (Dezembro de 2016). Aparato educacional para estudo da queda livre com análise do movimento. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 33, pp. 1064-1078.
- Becker, F. (2008). Modelos Pedagógicos e Modelos Epistemológicos. Em E. L. Alves, & e. al, *Metodologia: Construção de uma Proposta Científica* (pp. 45-55). Curitiba: Camões.
- Boruchovitch, E. (2009). *A motivação do aluno* (4ª ed.). Rio de Janeiro: Editora Vozes.
- Brasil. (2000). *Parâmetros Curriculares Nacionais. Bases Legais*. Brasília: MEC.
- Brasil. (2006). *Orientações Educacionais Complementares aos parâmetros curriculares nacionais (PCN+). Ciências da natureza e Matemática e suas tecnologias*. Brasília: MEC.
- Brasil. (2016). *Taxa de rendimento escolar do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira*. Ministério da Educação e Cultura. Brasília: MEC/INEP.
- Carvalho, L. R., & Amorim, H. S. (31 de Julho de 2014). Observando as marés atmosféricas: Uma aplicação da placa Arduino com sensores de pressão barométrica e temperatura. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, p. 7pp.
- Cavalcante, M. A., Tavoraro, C. R., & Molisani, E. (5 de Dezembro de 2011). Física com Arduino para iniciantes. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 33, p. 9pp.
- Chevallard, Y. (2013). Sobre a teoria da transposição de didática: algumas considerações introdutórias. *Revista de Educação, Ciências e Matemática*, III(3), 1-14.
- Cordova, H. ..., & Tort, A. (10 de Maio de 2016). Medida de g com a placa Arduíno em um experimento simples de queda livre. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 38 (2).
- Cunha, M. V. (2001). John Dewey e o pensamento educacional brasileiro: a centralidade da noção de movimento. *Revista Brasileira de Educação*(17), 86-99.
- Dewey, J. (1979). *Experiencia e Educação* (3ª ed.). (A. Teixeira, Trad.) São Paulo, SP: Companhia Editora Nacional.
- Dewey, J. (1997). *Experience and Education*. New York: Touchstone.
- Dewey, J. (2015). *Las fuentes de la ciencia de la educación*. (A. O. Marquéz, Trad.) Barcelona: Lapislätzuli Editorial.
- Dworakowski, L. A., Hartman, A. M., Kakuno, E. M., & Dorneles, P. F. (2016). Uso da plataforma Arduino e do software PLX DAQ para construção de gráficos de movimento em tempo real. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 38 (nº 3, e3503), pp. 1-9.

- Filho, J. d. (Agosto de 2000). Regras da Transposição didática Aplicadas ao Laboratório didático. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 17 (2), pp. 44-58.
- Fino, C. N. (2001). Vygotsky e a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP): três implicações pedagógicas. *Revista Portuguesa de Educação*, 14(2), 273-291.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (1996). *Fundamentos de Física* (4ª ed., Vol. 2). Rio de Janeiro, RJ: LTC.
- Junior, J. R. (2014). Microcontrolador Arduino no ensino de Física: Proposta e aplicação de uma situação de aprendizagem sobre o tema Luz e Cor. *Dissertação (Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas)*. Fonte: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/7274>
- Lima, J. R., & Ferreira, H. S. (2015). Uma revisão das produções científicas nacionais sobre o uso da robótica no ensino de física. *X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, (pp. 1-8). Águas de Lindóia, SP. Acesso em 26 de Janeiro de 2017, disponível em <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/resumos/R1607-1.PDF>
- Marinho, F., & Paulucci, L. (29 de Janeiro de 2016). Kinematic measurements using an infrared sensor. *European Journal of Physics*, 37, p. 13pp.
- McRoberts, M. (2011). *Arduino Básico*. São Paulo: Novatec.
- Michal, C. A. (9 de Agosto de 2010). A low-cost spectrometer for NMR measurements in the Earth's magnetic field. *Measurement Science and Technology*, 21, p. 9pp.
- Miranda, M. I. (2005). Conceitos centrais da teoria de Vygotsky e a prática pedagógica. *Ensino em Re-Vista*(13), 07-28.
- Monk, S. (2014). *30 Projetos com Arduino* (2 ed.). Porto Alegre: Bookman.
- Neto, R. P., Rocha, D. P., Santana, A. M., & Souza, A. A. (2015). Robótica na Educação: Uma Revisão Sistemática dos Últimos 10 Anos. *Anais do XXVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, (pp. 386-393). doi:<http://dx.doi.org/10.5753/cbie.sbie.2015.386>.
- Nunes, C. (2000). Anísio Teixeira entre nós: A defesa da educação como direito de todos. *Educação & Sociedade*, XXI, 09-40.
- Oliveira, M. K. (2010). *Vygotsky: Aprendizado e desenvolvimento Um processo sócio-histórico* (5ª ed.). São Paulo: Scipione.
- Pereira, A. M., Santos, A. C., & Amorim, H. S. (2016). Estatística de contagem com a plataforma Arduino. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 38, p. 8pp.
- Pereira, A. P., Ostermann, F., & Cavalcanti, C. J. (2012). Um exemplo de “distribuição social da mente” em uma aula de Física Quântica. *Ciência & Educação*, 18(2), 257-270.
- Pintrich, P. (2000). The role of goal orientation in self-regulated learning. Em M. Boekaerts, P. Pintrich, & M. Zeidner, *The handbook of self-regulation* (pp. 451-502). San Diego: Academic Press.
- Ribeiro, F. (2011). Motivação e aprendizagem em contexto escolar. *Profforma*, 20(3), 1-5.

- Russel, C. A. (2000). *Michael Faraday: Physics and Faith*. New York: Oxford University Press.
- Santos, A. A., Amorim, H. S., & Dereczynski, C. P. (2017). Investigação do fenômeno ilha de calor urbana através da utilização da placa Arduino e de um sítio oficial de meteorologia. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 39, p. 13pp.
- Scholz, C., Sack, A., Heckel, M., & Pöschel, T. (10 de Agosto de 2016). Inexpensive Mie scattering experiment for the classroom manufactured by 3D printing. *European Journal of Physics*, 37, p. 14pp.
- Schwartz, J. (1992). *O momento criativo: Mito e alienação na ciência moderna*. São Paulo: Best Seller.
- Smith, E. (1998). Mental representation and memory. Em D. Gilbert, S. Fiske, & G. Lindzey, *The handbook of social psychology* (Vol. 1 (4), pp. 391-445). New York: Oxford University Press.
- Sobel, D. (2011). *Um céu mais perfeito: Como Copérnico revolucionou o Cosmos*. São Paulo: SCHWARCZ S.A.
- Souza, A. R., Paixão, A. C., Uzêda, D. D., Dias, M. A., Duarte, S., & Amorim, H. S. (21 de Março de 2011). A placa Arduino uma opção de baixo custo para experimentos de física assistida por PC. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 33, p. 5pp.
- Teixeira, A. (1928). *Aspectos americanos de educação*. Salvador: S. Francisco.
- Teixeira, A. (1978). *Pequena Introdução à Filosofia da Educação: A Escola Progressista ou a Transformação da Escola* (8ª ed.). São Paulo: Nacional.
- Varanis, M., Silva, A. L., Brunetto, P. H., & Gregolin, R. F. (2016). Instrumentation for mechanical vibrations analysis in the time domain and frequency domain using the Arduino platform. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 38, p. 10pp.
- Vera, F., & Ortíz, R. R. (13 de Dezembro de 2013). A simple experiment to measure the inverse square law of light in daylight conditions. *European Journal of Physics*, 35, p. 5pp.
- Voelkel, J. R. (1999). *Johannes Kepler and the new astronomy*. New York: Oxford University Press.
- Vygotsky, L. S. (1991). *A formação social da mente*. São Paulo - SP: Martin Fontes.
- White, M. (2003). *O papa e o herege: Giordano Bruno, a verdadeira história do homem que desafiou a inquisição*. (M. B. Medina, Trad.) Rio de Janeiro: Record.
- Zachariadou, K., & Yiasemides, K. (4 de abril de 2014). A laboratory over the internet for a course on data analysis. *European Journal of Physics*, 35, p. 13.
- Zachariadou, K., Yiasemides, K., & Trougakos, N. (11 de Setembro de 2012). A low-cost computer-controlled Arduino-based educational laboratory system for teaching the fundamentals of photovoltaic cells. *European Journal of Physics*, 33, pp. 1599-1610.

Anexo 1 – Projeto de 2016



CEARÁ CIENTÍFICO



SENSOR RGB PARA DALTÔNICOS, UMA AUTOMAÇÃO BASEADA NA PLATAFORMA ARDUINO

AUTORES:

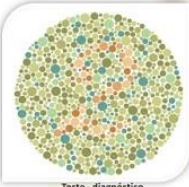
Francisca Ariane Arruda Magalhaes
Francisco Lucas de Carvalho Damasceno

ORIENTADOR:

Oséias de Sousa Mourão

INTRODUÇÃO

A Dificuldade enfrentada por muitas pessoas daltônicas motivou o desenvolvimento deste trabalho. O protótipo é útil para realização de atividades que necessitem reconhecimento preciso de cores.



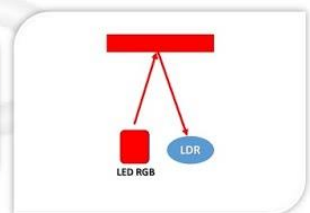
Teste - diagnóstico



Testando o programa no Software do Arduino



Recortes cartões RGB



--Esquema LED e LDR--

RELEVÂNCIA DO PROJETO

A escassez de trabalhos correlatos inspirou os discentes, e apesar da adaptação na percepção de cores entre os daltônicos, um dispositivo capaz de reconhecer cores, informando-a seria potencialmente apreciado entre portadores de daltonismo.

OBJETIVOS

- ❖ Compreender como a tecnologia influencia o cotidiano;
- ❖ Estabelecer relação com áreas afins;
- ❖ Compreender noções de Programação em informática;
- ❖ Contribuir para minimizar dificuldades apresentadas por daltônicos na percepção de cores Verde, Vermelho e Azul.



Montagem da estrutura



Montagem do circuito na Protoboard



Divisor de tensão LDR



Circuito LED RGB



Estrutura - montagem



Estrutura-disposição do display

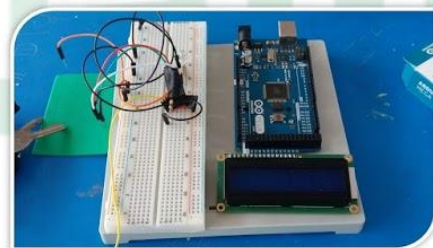
METODOLOGIA

Os fundamentos apresentados nas aulas, teóricos e práticos da disciplina eletiva de robótica educacional, serviram de base para a etapa final da disciplina, que culminou com a apresentação de propostas práticas, que utilizassem Arduino como plataforma de controle. A execução iniciou com um pesquisa do entendimento sobre daltonismo. A partir de uma pesquisa sobre daltonismo, foi testada a viabilidade do uso de um sensor LDR para captar diferenças nas frequências de luz (fig. Esquema LED e LDR). A sensibilidade do sensor é controlada pelo Arduino através do seguinte parte programa, a principal:

```
if (valorSensor > 710) { // condição para identificar
vermelho
  lcd.setCursor(0,0); //Posiciona o cursor na prim. coluna(o) e na
prim. linha(o) do LCD
  lcd.print("VERMEHO "); //Imprime no LCD "vermelho "
}
```

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O dispositivo está em fase de desenvolvimento, tanto em relação a estrutura eletrônica quanto lógica; mas a experiência aponta possibilidade de desenvolvimento de produtos finais miniaturizado, ou integrado na infraestrutura de *Smartphones*.



Disposição dos componentes

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MELO, D. G.; GALON, José E. V.; FONTANELLA, B. J. B. Os "daltônicos" e suas dificuldades: condição negligenciada no Brasil? *Physis*, Rio de Janeiro, v. 24, n. 4, p. 1229-1253, dez. 2014. Disponível em <http://www.scielo.br/psielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-73312014000401229&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 08 dez. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-73312014000400011>.

SILVEIRA, J. A. *Arduino Cartilha para programação em C*. ed. 1. Revista do Arduino. 2012.

CONTATO
Telefone:(88)3671-1798
E-mail:oseias.nmr@gmail.com

Anexo 2 – Projeto de 2017



CEARÁ CIENTÍFICO FEIRA REGIONAL DE CIÊNCIAS Mão robótica para manipulação de risco



AUTORES
Ana Rayssa Oliveira Carvalho
Francisco Alisson Almeida da Masceno
Francisco Victor Sousa Braga

ORIENTADOR
Oseias de Sousa Mourao

CONTEXTUALIZAÇÃO

A manipulação de objetos e realização de tarefas de precisão é uma característica do ser humano, a mão é o principal membro responsável por esta atribuição. Uma pessoa que perde esta funcionalidade, sofre com a adaptação na realização de tarefas. A fim de suprir a falta de alguma parte funcional do corpo humano, a robótica tem permitido o desenvolvimento de membros cada vez mais eficientes em suas funções. O incremento tecnológico de micro controladores e sensores tem possibilitado a prototipagem de membros, como a mão, e consequentemente, a recuperação de certas funcionalidades, para deficientes físicos. e ainda há a possibilidade de manipulação envolvendo riscos.



Figura 2. Sistema Robótico para procedimentos cirúrgicos

O sistema robótico permite a realização de procedimentos mais sofisticados e de difícil realização por via laparoscópica. Permite ainda melhor visão nos casos de retirada de gânglios, disseções delicadas e em regiões de difícil acesso, menor sangramento pela visualização de vasos delicados e pequenos pois possui imagem em 3 dimensões gerando menor tempo de internação hospitalar, recuperação mais rápida, menos dor no pós-operatório e melhor aspecto estético por realizar incisões menores.¹

OBJETIVOS

Desenvolver controles sensoriais para próteses robóticas utilizando Arduino.
Desenvolver controle para mão robóticas em atividades de Risco



Figura 1. Controlar robôs com realidade virtual. :

Estimated Enterprise Robot Shipments

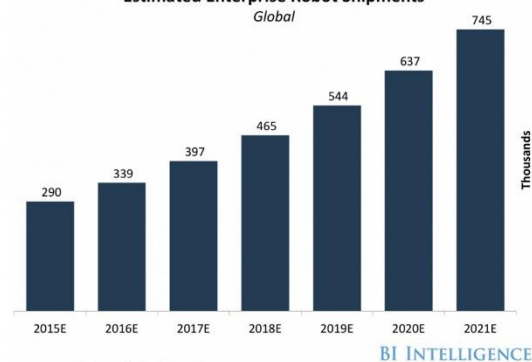


Gráfico 1. A estimativa de venda de robôs para as indústrias:

METODOLOGIAS

A partir dos dados coletados foram realizados testes com arduino (interface eletrônica, ideal para projetos de automação com um baixo custo de investimento) para controle de servos sensores infravermelhos. Após esta etapa algumas ideias de montagem do mecanismo da mão foram testadas a fim de analisar sua capacidade funcional. Findada as montagens dos componente mecânicos e eletrônico iniciou-se a programação do arduino e teste finais do protótipo para associação da mão com suas funções, delimitadas pelo software desenvolvido.

RELEVÂNCIA

É comum em algumas aplicações na indústria que a realização de tarefas onde é exigido manipulação precisa de objetos, o que ocorre bastante na indústria (figura 1) e na medicina (Figura 2), o que vem crescendo bastante (Gráfico 1). As atividades desenvolvidas neste projeto visam, acima de tudo, contribuir tecnicamente para o desenvolvimento de dispositivos cada vez mais eficientes, permitindo a reprodução de movimentos, e de habilidades de preensão e apreensão. Essa pesquisa pode resultar também em uma melhor qualidade de vida para pessoas com alguma deficiência física nas mãos, ou com redução de suas funcionalidades.

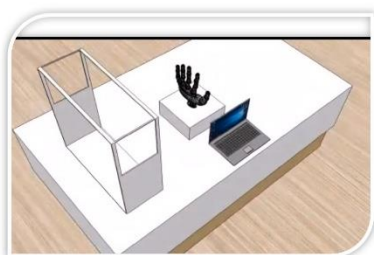


Figura 2. representação 3D para o desenvolvimento da mão robótica

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A robótica é uma demonstração do avanço tecnológico das ciências e sua aplicação em diversas áreas vem produzindo excelentes resultados. A criação de membros robóticos para suprir a falta de algum membro do corpo, é um benefício inestimável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Pinto S. A. P., Projeto, Implementação e Avaliação de uma Órtese Funcional Robotizada de Mão, Diss. de Mestrado, Dep. de Ciência da Computação, UFMG, 1999.
L. Biagiotti, F. Lotti, G. Vassura, How Far Is the Human Hand? A Review on Anthropomorphic Robotic, DEIS - DIEM, University of Bologna, 40136 Bologna, Italy.

¹ fonte: <http://dradilloncardoso.com.br/cirurgia-robotica/>

APÊNDICE A – Folha de Depoimento e Sugestões



ESCOLA LICEU DE TIANGUÁ JOSE NI MOREIRA
APLICAÇÃO PRODUTO EDUCACIONAL¹



1 Produção exigida no programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física- MNPEF/SBF

DEPOIMENTO & SUGESTÕES

[illegible]

APENDICE B – Termo de autorização de imagem (menor de idade)

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM

FRANCISCO LUCAS DE CARVALHO DAMASCENO, nacionalidade BRASILEIRA,
menor de idade, neste ato devidamente representado por seu (sua) (responsável legal),
M^{te} ASSUNÇÃO RAMOS DE CARVALHO, nacionalidade BRASILEIRA,
estado civil SOLTEIRA, portador da Cédula de identidade RG
nº. 98028003560, inscrito no CPF/MF sob nº
838.018.043-72, residente à Av/Rua
SÍTIO SÃO VICENTE, nº. S/N, município de
TIANGUA / AUTORIZO o uso de minha imagem nos trabalhos
dissertativos e secundários do Prof. OSEIAS DE SOUSA MOURÃO, em virtude de minha
participação, como aluno, nas atividades de implementação do Produto Educacional do referido
professor, no Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Sociedade
Brasileira de Física – MNPEF/SBF. A presente autorização é concedida a título gratuito,
abrangendo o uso da imagem acima mencionada em todo território nacional e no exterior, seja
em sites, revistas, ou quaisquer outros meios de comunicação. Por esta ser a expressão da minha
vontade, declaro que autorizo o uso acima descrito sem que nada haja a ser reclamado a título
de direitos conexos à minha imagem ou a qualquer outro, e assino a presente autorização em
02 vias de igual teor e forma.

TIANGUA, CE, dia 06 de Abril de 2018.

Maria Assunção Ramos de Carvalho

(assinatura)

Nome: FCO LUCAS DE CARVALHO DAMASCENO

Por seu Responsável Legal: M^{te} ASSUNÇÃO RAMOS DE CARVALHO

Telefone p/ contato: (88) 990550575

APÊNDICE C - O Produto Educacional

O Produto Educacional foi editado com diagramação para livro eletrônico e impresso no tamanho A5. Na página seguinte consta a versão completa para impressão.

O ebook também está disponível no site www.fisicarduino.com.



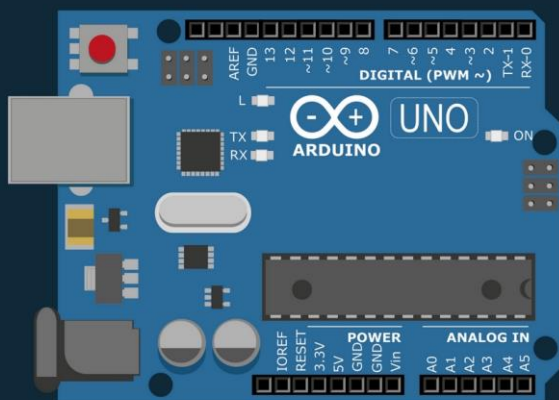
Figura 22 - Imagem do site de divulgação do Produto Educacional. é possível acessar separadamente cada experimento neste site.

Produto Educacional:

PRODUTO EDUCACIONAL

ARDUINO & ENSINO DE FÍSICA

Automação de práticas experimentais



OSÉIAS MOURÃO

Arduino & Ensino de Física

Automação de práticas experimentais

Oséias Mourão

Copyright © 2018, Oseias Mourão
1ª Edição

Capa
Design Canva

Dados internacionais de catalogação na publicação (CIP)

M929a Mourão, Oseias
 Arduino & ensino de Física: automação de práticas experimentais / Oseias
 Mourão. – Tianguá: Clube dos Autores, 2018.
 116 p.

1. Arduino. 2. Automação. 3. Ensino-Física. I. Mourão, Oseias. II Título.

CDD-530

www.fisicarduino.com

*Dedico esta obra a minha linda esposa,
Fátima, que foi muito compreensível enquanto
me dedicava horas em experimentos e
pesquisa. Porém, não poderia deixar de
tributar a alguém muito especial, que surgiu
na minha vida exatamente no período de
criação deste Produto, minha filha Alice.*

Sumário

Agradecimentos	9
Introdução	11
1. A plataforma Arduino.....	13
2. Movimento Uniforme	25
3. Movimento Uniformemente Variado.....	35
4. Aceleração da Gravidade.....	41
5. Movimento Circular Uniforme	47
6. Força Peso	53
7. Lei de Hooke	63
8. Hidrostática: Empuxo	67
9. Escalas Termométrica.....	77
10. Lei Zero da Termodinâmica.....	85
11. Primeira e Segunda Lei de Ohm	91
12. Fotorresistividade de um semicondutor	99
Orientações Didáticas.....	105
Códigos de erros recorrentes	114
Bibliografia.....	117

Agradecimentos

Agradeço aos professores do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, integrantes do polo 56 UVA/IFCE, por terem contribuído no processo de formação profissional e orientação na elaboração deste Produto Educacional.

Aos meus alunos pelo apoio e contribuição na aplicação das atividades deste material educacional.

À Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e à SBF (Sociedade Brasileira de Física) pelo apoio financeiro e Iniciativa em promover o aprimoramento em um nível de pós-graduação *stricto sensu* a profissionais da educação básica.

À minha família, pelo apoio imprescindível.

Introdução

Este trabalho consiste em um produto educacional contendo propostas didáticas para o ensino de Física, sustentadas na automação de práticas experimentais, especialmente na aquisição de dados por meio de sensores, atuadores e da interface de prototipagem Arduino, a ferramenta mais bem-sucedida para a educação STEAM¹.

Este material sintetiza as principais funcionalidades do Arduino e disponibiliza 11 experimentos de Física com Arduino, abrangendo assuntos de Cinemática, Dinâmica, Termometria, Hidrostática e Eletricidade. Alguns experimentos inéditos e outros já conhecidos, porém reformulados, com a inserção de automatização na coleta de dados.

Cada capítulo contém um desses assuntos, e apresenta uma breve introdução, objetivos do experimento, fundamentação teórica, lista de materiais necessários para realização do experimento e sua automação, esquema de montagem, o código, instruções sobre a execução e coleta de dados; e finalmente, um tópico de questionamento e levantamento de hipóteses.

A estruturação da metodologia deste produto baseia-se em alguns pressupostos das teorias da aprendizagem, e principalmente nas ideologias de John Dewey, que pressupõem um ambiente educacional multidisciplinar na resolução de problemas legítimos.

¹ Recursos metodológicos citados em <https://www.arduino.cc/en/Main/AboutUs>

1. A plataforma Arduino

O Arduino pode ser considerado uma multiplataforma *open source*², pois constitui uma variedade de software, hardware e documentação livre, cujo modelo de desenvolvimento permite que *hobistas*, inventores, pesquisadores, professores e estudantes possam desenvolver e aplicar livremente suas ideias.

■ O projeto Arduino

A proposta original do projeto Arduino de Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino e David Mellis, iniciou em Ivrea, comuna italiana, no Interaction Design Institute, início dos anos 2000. Inspirados pelo projeto *Processing*, linguagem que ensina programação no cenário das artes visuais, e do projeto de Hernando Barragan relacionado a placas eletrônicas -*Wiring board*³, conseguiram tornar mais acessível a prototipagem de projetos envolvendo eletrônica e programação. Assim, as primeiras placas começaram a ser usadas em 2005, a fim de auxiliar estudantes com pouco ou nenhum conhecimento em eletrônica no desenvolvimento de produtos tecnológicos.

A interface Arduino consiste em uma placa única com um microcontrolador ATMEL e estrutura integrada para entrada analógica e entrada/saída digital. Todos esses recursos de

² A definição do Open Source foi criada pela Open Source Initiative (OSI) baseado no texto da *Debian Free Software Guidelines*, desinando um programa de código aberto e que este deve garantir: Distribuição livre, Código fonte, Trabalhos Derivados, entre outras garantias relacionadas à licenças.

³ Termo em inglês que se refere a placa de circuito impresso. O modelo apresentado na tese de Hernando Barragan influenciou a implantação do projeto Arduino. A tese pode ser encontrada em [http:// people.interactionivrea.org/h.barragan/thesis/thesis_low_res.pdf](http://people.interactionivrea.org/h.barragan/thesis/thesis_low_res.pdf).

hardware podem ser controlados por meio de uma linguagem de programação fundamentada em C/C++.

Há uma variedade de produtos similares (**Figura 1**), mas os produtos Arduino oficiais são apresentados a seguir:



Figura 1 - Apresentação dos produtos oficiais Arduino, note a diversidade dos produtos, que variam desde placas simples para iniciantes à interfaces mais avançadas.

Fonte: arduino.cc/en/Main/Products.

Com o sucesso do Arduino, versões diferentes foram desenvolvidas com finalidades distintas. As placas podem ter

suas funcionalidades estendidas com a implementação de *shields*, recursos extras, como o *Ethernet shield V2* que possibilita a conexão do seu Arduino com a internet.

■ Principais componentes e acessórios

Para o desenvolvimento de experimentos alguns *Shields* podem ser montados em uma *protoboard* – veja a descrição sobre *protoboard* no **Quadro 1** – é o que potencializa a função destas montagens, os *shields* são os componentes e acessórios constituintes. Neste trabalho destacam-se os componentes apresentados no **Quadro 1**:

Quadro 1 - Há uma grande variedade de componentes eletrônicos no mercado, neste quadro é exibido apenas os componentes suas características e funções utilizados neste Produto Educacional.

Componente & acessórios	Características e funções
Buzzer	Dispositivo piezelétrico útil na geração de um sinal sonoro.
Fios jumpers	Fios condutores flexíveis com extremidades rígidas para conexão entre componentes, <i>protoboard</i> e pino do Arduino.
fotodiodo	Componente semiconductor conversor de luz em corrente elétrica. Os fotodiodos usados neste projeto são usados como sensores sensíveis a luz infravermelha.
Ímã de neodímio	Compostos de neodímio, ferro e boro, tais ímãs possuem campo magnético bastante intenso, muito útil em experimentos de física para estudo do

	campo magnético e fenômenos de indução eletromagnética.
Laser	Dispositivo emissor com resistor integrado pronto para ser ligado no Arduino, na tensão de 5 volts. O tipo usado nos experimentos do Produto educacional possui potência de 5mW.
LDR	Resistor dependente de luz. Muito usado como sensor de luminosidade, a que é sensível à luz visível. Esse componente tem sua resistividade elétrica alterada em função da intensidade luminosa, portanto pode ser usado como experimento de física, testando a 2ª lei de Ohm.
LED	Diodo emissor de Luz. Esse componente tem uso recorrente no Produto educacional como indicador de algum estado ou como fonte luminosa para algum sensor. Para este último caso optou-se, convenientemente, usar o LED Infravermelho. Notar que o LED possui polaridade definida, deixando a corrente fluir apenas em um único sentido; logo, para determinar a polaridade basta notar a diferença de tamanho nos terminais do LED, o maior possui polaridade positiva e o menor negativa.
Potenciômetro	Consiste em um dispositivo com resistência elétrica variável. Muito útil para o controle de da tensão elétrica em certos trechos de um circuito.

Protoboard	É uma placa de ensaio pronta para realizar conexões entre diversos componentes eletrônicos, os furos em uma mesma coluna na <i>protoboard</i> estão conectados por um condutor. Nas extremidades da placa existem linhas que estão conectadas, ideal para extensão da fonte de energia.
Push-Button	Chave tátil para alterar estado lógico de um pino digital.
Resistor	Componente com resistência elétrica específica. Nos experimentos apresentados no produto educacional os resistores a estão especificados quanto a resistência, conforme o código de cores.
Sensor de temperatura LM35	Este sensor apresenta uma boa precisão para medida de temperatura. Um dos terminais mantém tensão elétrica linear proporcional à temperatura, especificamente, 10mV para cada grau Celsius.
Termistor	Consiste em um resistor cuja resistência elétrica é determinada pela temperatura onde se encontra.
Transistor de efeito hall	Componente transdutor capaz de detectar a polaridade magnética, podendo reverter o estado lógico de um pino de digital no Arduino em função do polo magnético detectado. No PE foi utilizado um transistor de efeito Hall denominado S41.

Fonte: do autor.

Esses componentes contribuem significativamente para a captação de dados, facilitando a análise e comprovação de algumas teorias física.

■ Funcionalidades e configurações

A utilização de um Arduino envolve basicamente controle dos pinos disponíveis na placa, cuja quantidade depende da versão em uso. No Arduino UNO (**Figura 2**), o mais popular, há 14 pinos digitais (o -13) e 6 entradas analógicas (Ao -A5).



Figura 2- Imagem de um Arduino UNO. Na imagem, os pinos digitais estão localizados na região superior, os pinos analógicos na região inferior. Na região inferior esquerda, o bloco de pinos contém um pino de 5 volts e outro de 3,5 volts, além dos pinos destacados pela faixa branca, onde contem 2 pinos GND, correspondentes ao *ground*, ou seja, um aterramento.

Fonte: arduino.cc.

Os pinos digitais podem ser configurados como entrada ou saída digital, operando em um nível lógico alto ou baixo, que na prática correspondem a 5 e 0 volts, respectivamente. A configuração de um pino digital como entrada é útil quando deseja-se registrar alguma informação externa, portanto, para medidas sem ruído, o pino deve ser montado com um resistor de *pull-down*, que define o pino como *baixo*; ou com um resistor de *pull-up*, que define o pino como *alto*. Como exemplo para o

primeiro caso (*pull-down*), se uma chave tátil conectada for pressionada o estado lógico do pino muda para alto; no caso *pull-up* ao pressionar a chave o pino mudará para *baixo*. Vejamos (**Figura 3**):

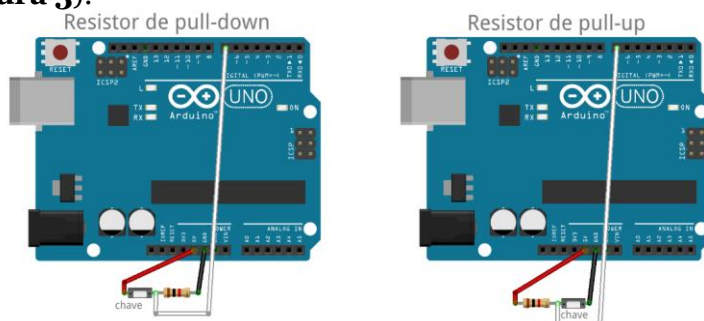


Figura 3- Imagem de um Arduino UNO em uma montagem de resistor de *pull-down* e resistor de *pull-up*. Ambos com chave tátil.

Fonte: Imagem do autor extraída e editada no Fritzing.⁴

As configurações dos pinos digitais são feitas na programação e normalmente são usadas as expressões HIGH e LOW para indicar os estados lógicos respectivos a 0 e 5 volts. Se um determinado pino está configurado como saída é possível acender e apagar um LED, por exemplo.

Os pinos correspondentes as entradas analógicas operam em uma faixa de valores de 0 a 1023, em razão da resolução do conversor analógico-digital do Arduino UNO que é de 10 bits, correspondente a faixa de tensão de 0 a 5 volts, previamente definido no Arduino. Ou seja, a faixa de 0 a 5V será representada por 1024 valores discretos.

Normalmente os sensores são ligados aos pinos analógicos. Tais sensores, de acordo com suas características, fornecem valores analógicos de 0 a 5 volts que é convertido pelo

⁴ O Fritzing é um sistema de *software open-source* ideal para o design de hardware eletrônico, programação e com o banco de imagens predefinidas ou editáveis. Sistema muito útil para simular montagem de protótipos envolvendo Arduino e seus componentes, em função da quantidade de imagens relacionadas. Mais informação sobre o software e download em: fritzing.org.

Arduino para valores discretos até 1023; isso pode ser muito útil na automação.

Alguns pinos digitais podem ser usados ainda como saídas analógicas, por meio da geração de uma onda quadrada - PWM. Neste caso o resultado analógico é simulado pelo controle da largura da onda, que significa controlar o percentual de tempo que a onda permanecerá em um estado lógico alto, podendo gerar valores de 0 a 255; em termos da tensão elétrica, esses valores no pino podem ser de 0 a 5 volts. Logo, o PWM pode ser usado para controlar a velocidade de um motor, a posição de um servo ou mesmo o brilho de um LED. Para descobrir qual pino pode ser usado como PWM basta identificar o pino que contém o caractere ~.

■ O uso do Arduino IDE

Um dos *softwares* que permite a programação é o Arduino IDE, que facilita a criação e compilação de códigos, normalmente denominado de *sketches*, e carregamento na memória flash do Arduino. Para o desenvolvimento do produto educacional foi utilizado o Arduino 1.8.4. É possível instalar e executar este software nos sistemas operacionais Windows, Mac e Linux. O download do programa pode ser feito no site <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>. Além dessa opção há a opção de trabalhar online com o Arduino Web Editor, que pode ser acessado no mesmo site.

Após instalação do software, sua utilização estará quase pronta, necessitando de uma breve configuração, que consiste na especificação do tipo de Arduino utilizado e a porta COM. Assim, sabendo do tipo de Arduino, basta acessar a opção *ferramentas* na barra de menu e selecionar a placa correta, veja o procedimento na **Figura 4**:

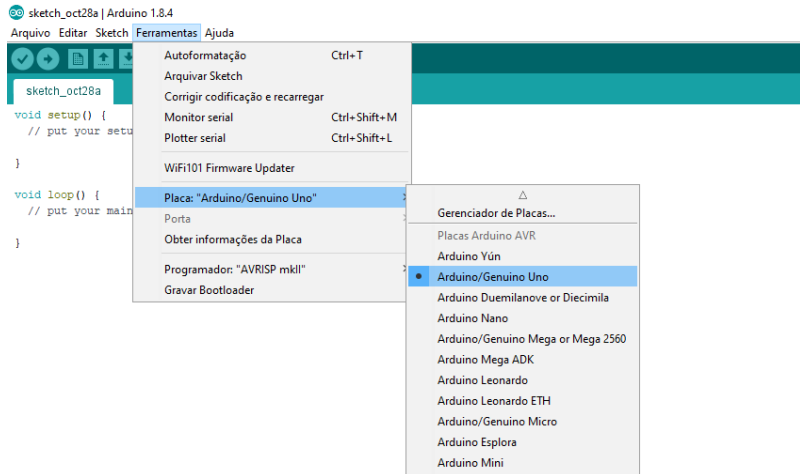


Figura 4 - Software IDE Arduino 1.8.4. Após a instalação do software é necessário especificar a versão da placa que será utilizada, opção disponível em ferramentas, no menu do programa.

Fonte: do autor

Após conectar o Arduino no computador será possível selecionar a porta COM apropriada, normalmente a porta COM3. Essa alteração pode ser feita também na opção *ferramentas*.

Os sketches do Arduino são divididos em três partes básicas, estrutura, variáveis e funções.

A estrutura apresentada (ver **Quadro 2**) ao criar um novo sketch é a seguinte:

Quadro 2 - Estrutura de um novo sketch novo.

```
void setup() {  
  // put your setup code here, to run once:  
}  
  
void loop() {  
  // put your main code here, to run repeatedly:  
}
```

Fonte: Arduino.cc

As estruturas `setup()` e `loop()` são imprescindíveis na programação. Quando o Arduino for iniciado a função `setup()` será executada uma única vez, iniciando variáveis, definindo as configurações dos pinos digitais ou incluindo bibliotecas. Logo em seguida a função `loop()` inicia e se repete executando seu conteúdo. Há algumas estruturas de controle que, inclusive serão recorrentes neste trabalho, como o: `if` e `if...else`, por exemplo. Quanto à sintaxe, é exigido no final de uma linha o “ponto e vírgula” e para inserção de comentários usa-se `//` para uma linha ou `/* */` para comentários multilinhas. Pode se usar operadores aritméticos, booleanos, comparativos ou de atribuição, conforme necessidade.

As variáveis são necessárias na programação para guardar valores, que devem ser declaradas no programa com a indicação do tipo de variável. Por exemplo, os valores lidos pela entrada analógica A0, devido a um sensor conectado neste pino, podem ser armazenados em uma variável, cuja denominação é atribuída pelo programador, por exemplo:

```
int valorSensor=analogRead(A0);
```

Neste caso, sugestivamente, os valores do sensor ficam armazenados na variável denominada `valorSensor`. O tipo de variável é especificado pela expressão `int`. Essa variável é sempre usada para armazenar valores inteiros desde -32.768 a 32.767. para armazenar valores maiores é preciso usar outros tipos de variáveis, como a variável `long`. No site oficial ⁵do Arduino há uma lista com os tipos de dados e exemplos.

As funções também são usadas constantemente e são conjunto de instruções já definidas na arquitetura do software, ou que podem ser criadas pelo programador como um bloco contendo códigos específicos. No exemplo anterior aparece a função `analogRead()` que já vem previamente definida no

⁵ <http://playground.arduino.cc/Portugues/Referencia>

software; essa função faz a leitura da entrada analógica especificada nos parênteses.

Após criar um *sketch* ou colar um já pronto pode ser feito um teste que verifica se há algum erro de edição, clicando no “v” na barra de menu, conforme **Figura 5**.



Figura 5 - Software IDE Arduino 1.8.4. Ao editar algum *sketch* verifique se não há algum erro, clicando no botão conforme indicação da imagem, ou use as teclas *ctrl+R*. A verificação consiste também na compilação do *sketch*, para a placa Arduino.

Fonte: do autor.

Carregar o *sketch* – o código – é bem simples, o software do Arduino faz quase todo o serviço, necessitando apenas que o programador faça o carregamento à placa, o termo mais comum para esse procedimento é o *upload*. Consiste em clicar no botão contendo a seta orientada para a direita, na barra de menu, ou simplesmente pressionando as teclas *ctrl+U* no teclado do computador.

Após essa verificação, caso não haja erro, basta carregar o código na placa Arduino devidamente conectada no computador. A conexão entre o Arduino e o computador é feita por meio de um cabo USB A-B, o mesmo tipo de cabo usado para conexão entre computador e impressora – (Ver **Figura 6**).

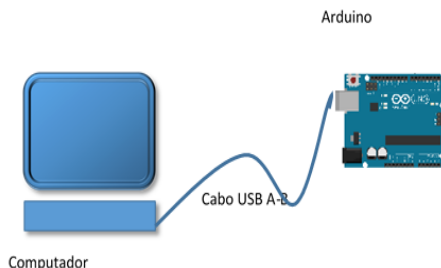


Figura 6 - Esquema da conexão entre computador e Arduino. Usar cabo USB do tipo A-B, mesmo tipo usado em conexões entre computador e impressora.

Fonte: do autor

Evidentemente, mesmo para quem não tem tanta familiaridade com programação e conhecimento sobre eletrônica pode montar e executar algum projeto com sucesso.

■ Monitor serial

A monitoração de um experimento e coleta de dados, como é caso dos experimentos de Física propostos neste produto educacional são facilitadas por um ferramenta disponível no Arduino IDE, o monitor serial (**Figura 7**), que pode ser iniciado quando a placa está conectada no computador.

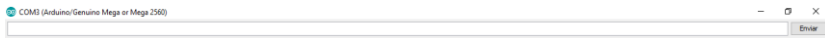


Figura 7 - Aparência do monitor serial. Essa interface exibirá os dados experimentais e onde ocorrerão algumas interações. Todos os experimentos deste produto necessitam do monitor.

Fonte: do autor.

O Monitor serial é a interface de exibição de dados e de interação. Todos os experimentos apresentados aqui usam o monitor serial, onde grandezas como velocidade, aceleração, tempo, força, temperatura e resistência elétrica são imprimidas. Alguns experimentos aceitam a inserção de valores de entrada no monitor serial, alterando convenientemente alguns parâmetros da programação. Para utilização do monitor é necessário iniciar e especificar a taxa de transmissão, isso é feito pela função `Serial.begin(9600)` dentro do `void setup()`. Para abrir o monitor deve-se acessar no menu a opção ferramentas, ou usar o atalho `ctrl+shift+m`, no teclado do computador.

As versões mais recentes do Arduino IDE, como a 1.8.4, plotam um gráfico em tempo real dos valores das variáveis informadas no comando `Serial.println()`, mesmo comando para exibição de valores no Monitor serial. Para iniciar a plotagem das medidas o usuário deve localizar e abrir a opção *Plotter serial* em ferramentas.

2. Movimento Uniforme

Observar como um corpo muda sua posição no espaço e no tempo é fundamental para o entendimento do significado do movimento. A compreensão da cinemática, que estuda os movimentos, permite, a princípio, esse entendimento, implicando no estabelecimento de modelos físicos, capazes de preverem trajetórias para um corpo. Em busca desses modelos, o experimento deste capítulo aprecia um movimento ideal, livre da atuação de forças, o Movimento Uniforme.

■ Fundamento Teórico

No movimento uniforme um corpo percorre distâncias iguais em intervalos de tempos iguais. É importante ressaltar que movimentos assim são na realidade difíceis de serem reproduzidos, uma vez que os corpos podem estar sujeitos à ação das mais diversas forças, o que altera quaisquer uniformidades no movimento, porém há casos reais que podem ser representados por estimativas com uma margem de erro admissível.

Objetivos

- ❖ Analisar o movimento de um objeto com velocidade constante.
- ❖ Comparar intervalos de tempo para deslocamentos idênticos.

A taxa com que o corpo muda de posição para cada unidade de tempo é definida como

velocidade (V).

$$V = \frac{S - S_0}{t - t_0} \quad (2.1)$$

A variação da posição é dada pela diferença entre as posições final (S) e inicial (S_0). Já o intervalo de tempo pode ser

determinado pela diferença entre o instante de tempo final (t) e inicial (t_0). Portanto, para determinar se um corpo desenvolve um movimento uniforme é suficiente calcular a velocidade do mesmo para alguns trechos.

■ Montagem

Disponha cada componente na *protoboard* e conectando-os com os fios *jumpers* à placa. Observe a polaridade correta dos LEDs, dos receptores infravermelhos e que os fios brancos deverão estar ligados aos pinos digitais 2, 3 e 4 da placa Arduino, eles que informarão o estado lógico de cada sensor.

Materiais e componentes:

- 5 resistores 330Ω
- 3 resistores $10k\Omega$
- 1 LED verde
- 1 LED vermelho
- 03 LEDs infravermelhos
- 03 Receptores infravermelhos
- Arduino e *protoboard*
- Fios *jumpers*
- Trilho para Movimento retilíneo

Cada par LED infravermelho/Receptor infravermelho constitui um sensor, note que haverá três pares, ou seja, três sensores.

Ver **Figura 8** para montagem

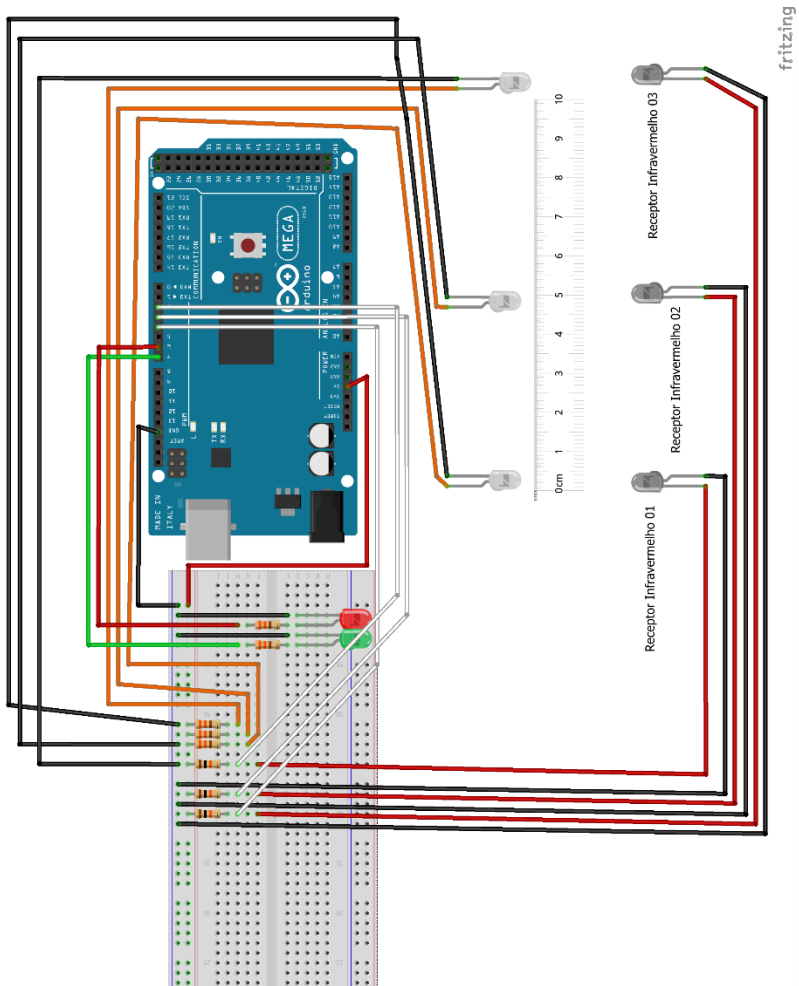


Figura 8 - Esquema de montagem de sensores para estudo de cinemática. Fixe os Leds emissores e os receptores infravermelhos no trilho que será utilizado, posicione o receptor infravermelho 02 com seu respectivo led emissor a meia distância dos demais.

Fonte: Imagem do autor extraída e editada no Fritzing.

■ O código

Após a montagem abra o software IDE do Arduino e digite o código a seguir:

```

/*MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA-SBF
 * INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ-IFCE
 * UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ-UVA
 * PRODUTO DESENVOLVIDO POR: OSÉIAS DE SOUSA MOURÃO
 *
 * Programa destinado para estudo de Cinemática.
 * O programa calcula o intervalo de tempo entre três sensores
 infravermelho,
 * e determina se o movimento é uniforme ou uniformemente variado
 *Este programa poderá ser usado para se determinar a aceleração
 gravitacional
 */

#define ledVerde 7 // O LED verde deverá ser ligado no
pino digital 7
#define ledVermelho 6 // O LED vermelho deverá ser ligado
no pino digital 6
#define sensorUM 2 // Configura o pino digital 2 para
o PRIMEIRO SENSOR
#define sensorDOIS 3 // Configura o pino digital 3 para
o SEGUNDO SENSOR
#define sensorTRES 4 // Configura o pino digital 4 para
o TERCEIRO SENSOR

int estadoUM; // variável que guarda estado do
primeiro sensor
int estadoDOIS; // variável que guarda estado do
segundo sensor
int estadoTRES; // variável que guarda estado do
terceiro sensor
int UltEstSenUM; // variável a guardar o último
estado do primeiro sensor
int UltEstSenDOIS; // variável a guardar o último
estado do segundo sensor
int UltEstSenTRES; // variável a guardar o último
estado do terceiro sensor
long elapsedTimeOne ; // tempo decorrido no primeiro
intervalo
long elapsedTimeTwo ; // tempo decorrido no segundo
intervalo
long instanteUM = 0; // tempo total decorrido desde que
o programa foi executado
long instanteDOIS = 0; // tempo total decorrido desde que
o programa foi executado
long instanteTRES= 0; // tempo total decorrido desde que
o programa foi executado
long tempoTotal;

```

```

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

    Serial.println(".....");
    Serial.println("MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FISICA - MNPEF");
    Serial.println("PRODUTO DESENVOLVIDO POR: OSEIAS MOURAO");
    Serial.println(".....");
    delay(2000); //Pausa de 2 segundos
    Serial.println(".....");
    Serial.println("CINEMATICA");
    Serial.println(".....");
    delay(2000); //Pausa de 2 segundos
    Serial.println(".....");

    Serial.println("Análise do tipo de movimento e Cálculo da Velocidade");
    Serial.println(".....");
    delay(1000); //Pausa de 2 segundos
    Serial.println("::INICIE O EXPERIMENTO::");
    Serial.println(".....");
    delay(1000); //Pausa de 1 segundos

    pinMode(ledVermelho, OUTPUT); // Configura o pino 6 como saída
    pinMode(ledVerde, OUTPUT); // Configura o pino 7 como saída
    pinMode(sensorUM, INPUT); // Configura o pino 2 como
    entrada
    pinMode(sensorDOIS, INPUT); // Configura o pino 3 como
    entrada
    pinMode(sensorTRES, INPUT); // Configura o pino 4 como
    entrada
    digitalWrite(ledVermelho, LOW); // desliga LED vermelho
    digitalWrite(ledVerde, LOW); // desliga LED verde

}

void loop()
{
    estadoUM = digitalRead(sensorUM); // Ler o sensor UM e armazena
    em estadoUM
    if(estadoUM == HIGH){
        digitalWrite(ledVerde, HIGH); // Liga o LED VERDE
        digitalWrite(ledVermelho, LOW); // desliga o LED VERMELHO
        instanteUM = millis(); // armazena o tempo Total
        decorrido para Sensor UM

    }

    else
    {
        digitalWrite(ledVerde, LOW); // desliga os LEDs VERDE e
        VERMELHO
        digitalWrite(ledVermelho, LOW);
    }
}

```

Arduino & Ensino de Física, por Oséias Mourão

```
estadoDOIS = digitalRead(sensorDOIS); // Ler o sensor DOIS e armazena
em estadoDOIS
if(estadoDOIS == HIGH) {

digitalWrite(ledVerde, LOW);           // desliga LED verde
digitalWrite(ledVermelho, HIGH);      // liga LED vermelho
instanteDOIS = millis();              // armazena o tempo Total
decorrido para Sensor DOIS

elapsedTimeOne = (instanteDOIS - instanteUM); // cálculo do primeiro
intervalo de tempo

}
else
{
digitalWrite(ledVerde, LOW);
digitalWrite(ledVermelho, LOW);      //desliga os LED verde e
Vermelho

}
estadoTRES = digitalRead(sensorTRES); // Ler o sensor TRÊS e
armazena em estadoTRES
if(estadoTRES == HIGH) {

digitalWrite(ledVerde, HIGH);         // liga LED Verde
digitalWrite(ledVermelho, HIGH);      // liga LED Vermelho
instanteTRES = millis();              // armazena o tempo Total
decorrido para Sensor TRÊS

elapsedTimeTwo = (instanteTRES - instanteDOIS);
tempoTotal = elapsedTimeTwo;
Serial.println(".....");
Serial.print(" 1o intervalo (ms) = ");
Serial.println(elapsedTimeOne);      // imprime no monitor serial o
Primeiro Intervalo de Tempo
Serial.println(".....");
Serial.println(".....");
Serial.print(" 2o intervalo (ms) = ");
Serial.println(elapsedTimeTwo);      // imprime no monitor serial o
Primeiro Intervalo de Tempo
Serial.println(".....");
Serial.println(".....");
Serial.println(".....");
Serial.println("Anote a distancia entre os Sensores.");
Serial.println(".....");
Serial.println(".....");
Serial.println("calcule as velocidades para o primeiro intervalo e para
o segundo.");
Serial.println(".....");
Serial.println(".....");
Serial.println("Qual o tipo de movimento descrito pelo objeto?");
Serial.println(".....");
```

```
delay(tempoTotal); //tempo de espera para efetuar nova leitura
}
else
{
digitalWrite(ledVerde, LOW);
digitalWrite(ledVermelho, LOW);    // desliga LED verde e Vermelho
}
}
```

■ Execução e coleta de dados

A montagem descrita na **Figura 8** pode ser usada em qualquer trilho horizontal, comum em laboratórios didáticos. Use como móvel uma esfera com dimensões compatíveis ao trilho sem colchão de ar. Se o trilho for do tipo colchão de ar, use o móvel adequado do experimento. Porém, note que o móvel deve deslocar-se sem interrupções até o fim do trilho, enquanto isso, ser detectado pelos sensores. Caso não tenha acesso a algum desses trilhos é possível construir um que se adeque as suas necessidades, os autores Alcides Goya e Samir El Halabi (2011) dão dicas de confecção e experimentação com um “Trilho Multifuncional para Ensino de Mecânica”⁶.

Para que os alunos envolvidos na experiência possam observar o movimento uniforme é necessário que o professor desnivele o trilho sem colchão de ar, deixando a extremidade da origem do movimento ligeiramente mais elevado que a extremidade oposta, a razão disso é para que a esfera não desacelere, devido a ação do atrito e da resistência do ar, verifique o esquema na **Figura 9**. É importante também não elevar demais a extremidade da origem para que a esfera não acelere; a sugestão é que o professor teste a altura certa, observando no Monitor serial do Arduino se o 1º intervalo e o 2º intervalo de tempo são idênticos.

A fim de verificar o funcionamento dos sensores passe algo em frente dos mesmos, o LED verde acenderá enquanto algum objeto for posicionado em frente ao sensor 1, para o sensor

⁶ Disponível em: <http://www.uel.br/ccb/biologiageral/eventos/erebio/painel/T170.pdf>

2 se acenderá o LED vermelho; para o sensor 3, os LEDs verde e vermelho ao mesmo tempo. Retirando-se os objetos todos LEDs deverão apagar.

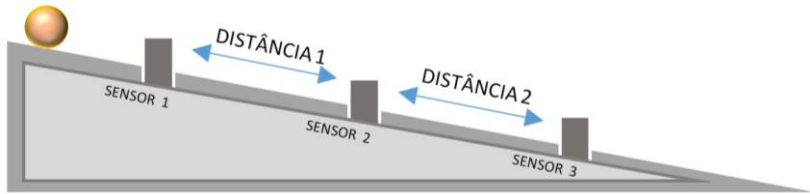


Figura 9 - Esquema para disposição dos sensores no trilho sem colchão de ar. Fixe os sensores ao trilho distanciando-os a uma mesma distância. Quanto maior for a precisão nas distancias dos sensores mais confiável será o resultado.

Fonte: do autor.

Após ter feito a montagem do circuito elétrico na *protoboard* e Arduino, posicionado os sensores e ajustado a inclinação do trilho abra o monitor serial e inicie a experiência: impulse o móvel antes do primeiro sensor. Ao findar o percurso, observe os dados obtidos no monitor serial e registre-os.

A unidade de medida de tempo exibidas no monitor serial serão em milésimos de segundo (ms), converta para segundos ao preencher a **Tabela 1** a seguir:

Tabela 1 - Modelo de tabela para registro dos dados.

Tipos de dados	Valores dos dados
1º intervalo (em segundos)	
2º intervalo (em segundo)	
Qual a distância, em metros, entre o primeiro e o segundo Sensor?	
Qual a distância, em metros, entre o segundo e o terceiro Sensor?	

Fonte: do autor

Enquanto o Arduino estiver conectado ao computador é possível repetir o experimento por várias vezes. Ou seja, logo após o móvel passar pelo terceiro sensor o programa reiniciará, aguardando novos registros, isso ocorre porque a parte do programa que coleta os dados dos sensores encontra-se dentro da função *void loop*, que executa o código enquanto o Arduino estiver ligado.

■ Questionamentos e levantamento de hipóteses

1. *Calcule as velocidades para o primeiro e para o segundo intervalo de tempo.*
2. *O movimento descrito pelo objeto utilizado aproxima-se de um movimento uniforme? Explique.*

3. Movimento Uniformemente Variado

O movimento uniformemente variado – MUV – envolve uma variação constante, mas uniforme na velocidade de um móvel. No dia-a-dia ocorre em casos específicos, como na análise do tempo e espaço percorrido por um veículo ao ser acelerado ou ter os freios acionados, compreensão útil para uma direção defensiva e desenvolvimento de dispositivos de segurança, ou mesmo no dimensionamento de pistas de pouso em aeroportos.

■ Fundamentos Teóricos

Quando a velocidade de um móvel varia ($\Delta V = V - V_0$) em uma taxa constante tem-se uma aceleração constante, isso define um movimento como uniformemente variado. A aceleração é uma grandeza importante neste estudo, e nos casos em que a velocidade é conhecida em qualquer instante podemos calcular a aceleração média (a_m):

Objetivos

- ❖ Compreender a relação entre velocidade e posição de um móvel.
- ❖ Aplicar a equação de

$$a_m = \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (3.1)$$

Em um MUV a posição varia ($\Delta S = S - S_0$) cada vez mais rápido e pela função horária da posição podemos determiná-la a qualquer instante:

$$S = S_0 + V_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad (3.2)$$

É possível, ainda, relacionar variação na velocidade e na posição usando a equação de Torricelli:

$$V^2 = V_0^2 + 2a\Delta S \quad (3.3)$$

■ Montagem

Utilizaremos aqui a mesma montagem descrita no capítulo anterior, para o Movimento Uniforme, enfatizando que a montagem servirá para os estudos de cinemática, seja para Movimento uniforme ou Uniformemente variado, uma vez que a automatização apresentada nesta unidade consiste em aferir os intervalos de tempo entre os sensores utilizados.

■ O código

Apesar de a montagem ser idêntica à do capítulo anterior o programa que utilizaremos contém algumas alterações em afinidade com o objetivo do capítulo, como a inserção das variáveis **velocidadeUM** e **velocidadeDOIS** que armazenam o cálculo das velocidades V_0 e V . Também foi definido a distância entre os sensores 1 e 2 e entre 2 e 3, como **deslocamentoUM** e **deslocamentoDOIS**, respectivamente. Essas duas distâncias na linha 28 e 29 do código, são iguais a 500 milímetros, mas se na prática não for possível manter essas distâncias é possível alterá-las convenientemente, enfim, a distância medida entre os sensores devem coincidir com os valores informados na programação. Então, abra o software IDE do Arduino e digite o código a seguir:

```
/*MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA-SBF
 * INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ-IFCE
 * UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ-UVA
 * PRODUTO DESENVOLVIDO POR: OSÉIAS DE SOUSA MOURÃO
 *
 * Programa destinado para estudo de Cinemática.
 * O programa calcula o intervalo de tempo entre três sensores
 infravermelho,
 * e determina se o movimento é uniforme ou uniformemente variado
```

Arduino & Ensino de Física, por Oséias Mourão

```
*Este programa poderá ser usado para se determinar a aceleração
gravitacional
*/

#define ledVerde 7                // O LED verde deverá ser ligado
no pino digital 7
#define ledVermelho 6            // O LED vermelho deverá ser
ligado no pino digital 6
#define sensorUM 2                // Configura o pino digital 2 para
o PRIMEIRO SENSOR
#define sensorDOIS 3             // Configura o pino digital 3 para
o SEGUNDO SENSOR
#define sensorTRES 4             // Configura o pino digital 4 para
o TERCEIRO SENSOR
int estadoUM;                    // variável que guarda estado do
primeiro sensor
int estadoDOIS;                  // variável que guarda estado do
segundo sensor
int estadoTRES;                  // variável que guarda estado do
terceiro sensor
long interTempoUM ;              // tempo decorrido no primeiro
intervalo
long interTempoDOIS ;            // tempo decorrido no segundo
intervalo
long instanteUM = 0;              // tempo total decorrido desde que
o programa foi executado
long instanteDOIS = 0;            // tempo total decorrido desde que
o programa foi executado
long instanteTRES= 0;            // tempo total decorrido desde que
o programa foi executado
long velocidadeUM;
long velocidadeDOIS;
long deslocamentoUM = 500;        // distancia sugerida em milimetro
entre sensor 1 e 2. Mude a medida se for conveniente
long deslocamentoDOIS = 500;     // distancia sugerida em milimetro
entre sensor 2 e 3. Mude a medida se for conveniente
long tempoTotal;

void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    Serial.println(".....")
;
    Serial.println("MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FISICA -
MNPEF");
    Serial.println("PRODUTO DESENVOLVIDO POR: OSEIAS MOURAO");
    Serial.println(".....")
;
    delay(2000); //Pausa de 2 segundos
    Serial.println(".....")
;
    Serial.println("CINEMATICA");
    Serial.println(".....")
;
    delay(2000); //Pausa de 2 segundos
```

```

Serial.println(".....")
;
Serial.println("Análise do tipo de movimento e Cálculo da Aceleração");
Serial.println(".....")
;
delay(2000); //Pausa de 2 segundos
Serial.println("::INICIE O EXPERIMENTO::");
Serial.println(".....")
;
delay(1000); //Pausa de 1 segundos
    pinMode(ledVermelho, OUTPUT);          // Configura o pino 6 como
saída
    pinMode(ledVerde, OUTPUT);             // Configura o pino 7 como
saída
    pinMode(sensorUM, INPUT);              // Configura o pino 2 como
entrada
    pinMode(sensorDOIS, INPUT);            // Configura o pino 3 como
entrada
    pinMode(sensorTRES, INPUT);            // Configura o pino 4 como
entrada
    digitalWrite(ledVermelho, LOW);        // desliga LED vermelho
    digitalWrite(ledVerde, LOW);          // desliga LED verde
}
void loop()
{
    estadoUM = digitalRead(sensorUM);      // Ler o sensor UM e armazena
em estadoUM
    if(estadoUM == HIGH){
        digitalWrite(ledVerde, HIGH);      // Liga o LED VERDE
        digitalWrite(ledVermelho, LOW);    // desliga o LED VERMELHO
        instanteUM = millis();              // armazena o tempo Total
decorrido para Sensor UM
    }
    else
    {
        digitalWrite(ledVerde, LOW);        // desliga o LED VERDE e
VERMELHO
        digitalWrite(ledVermelho, LOW);
    }

    estadoDOIS = digitalRead(sensorDOIS);  // Ler o sensor DOIS e
armazena em estadoDOIS
    if(estadoDOIS == HIGH) {
        digitalWrite(ledVerde, LOW);        // desliga LED verde
        digitalWrite(ledVermelho, HIGH);    // liga LED vermelho
        instanteDOIS = millis();            // armazena o tempo Total
decorrido para Sensor DOIS
        interTempoUM = (instanteDOIS - instanteUM); // cálculo do primeiro
intervalo de tempo
        velocidadeUM = deslocamentoUM/interTempoUM; // calculo da velocidade
média entre 1 e 2 sensor
    }
    else
    {
        digitalWrite(ledVerde, LOW);
        digitalWrite(ledVermelho, LOW);    //desliga os LED verde e
Vermelho
    }
}

```

```

}
estadoTRES = digitalRead(sensorTRES);          // Ler o sensor TRÊS e
armazena em estadoTRES
if(estadoTRES == HIGH) {

    digitalWrite(ledVerde, HIGH);               // liga LED Verde
    digitalWrite(ledVermelho, HIGH);           // liga LED Vermelho
    instanteTRES = millis();                   // armazena o tempo Total
    decorrido para Sensor TRÊS

    interTempoDOIS = (instanteTRES - instanteDOIS);
    velocidadeDOIS = deslocamentoDOIS/interTempoDOIS; // calculo da
    velocidade média entre 1 e 2 sensor
    tempoTotal = interTempoDOIS;
    Serial.println(".....");
    Serial.print(" |||| Velocidade Aproximada (em m/s) no sensor 2 ||||
    V0= ");
    Serial.println(velocidadeUM);              // imprime no monitor serial o a
    velocidade entre sensor 1 e 2
    Serial.println(".....");
    Serial.println(".....");
    Serial.print(" |||| Velocidade Aproximada (em m/s) no sensor 3 ||||
    V= ");
    Serial.println(velocidadeDOIS);            // imprime no monitor serial o a
    velocidade entre sensor 2 e 3
    Serial.println(".....");
    Serial.println(".....");
    ;
    Serial.println("Anote as velocidades V0 e V aqui exibidas.");
    Serial.println(".....");
    ;
    Serial.println(".....");
    ;
    Serial.println("Realize a medida e anote a distancia entre os Sensores
    2 e 3.");
    Serial.println(".....");
    ;
    Serial.println(".....");
    ;
    Serial.println("Admitindo Uniformidade na variação da Velocidade,
    calcule a aceleração do móvel, usando a Equação de Torricelli.");
    Serial.println(".....");
    ;

    delay(tempoTotal); //tempo de espera para efetuar nova leitura
}
else
{
    digitalWrite(ledVerde, LOW);
    digitalWrite(ledVermelho, LOW); // desliga LED verde e Vermelho
}
}

```

■ Execução e coleta de dados

Para este tipo de experimento será necessário posicionar o trilho a um ângulo em que seja perceptível o MUV (sugestão: 45°). Após posicionar o trilho e os sensores a 500mm entre si, e ter feito o upload do código, inicie o monitor serial (atalho: *crtl+ shift+m*). Abandone o móvel do ponto mais alto do trilho. Como a aceleração gravitacional é constante o móvel descreverá um MUV. No monitor serial será exibido a velocidade (V_0) do móvel no 2º sensor e a velocidade (V) no 3º sensor. Registre os valores na **Tabela 2**.

Tabela 2 - Modelo de tabela para registro dos dados.

Tipos de dados	Valores dos dados
Velocidade Aproximada (em m/s) no sensor 2. $V_0 =$	
Velocidade Aproximada (em m/s) no sensor 3. $V =$	
Distância (em m) entre os sensores 1 e 3. $\Delta S =$	

Fonte: do autor.

■ Questionamentos e levantamento de hipóteses

1. *Admitindo Uniformidade na variação da Velocidade, calcule a aceleração do móvel, usando a Equação de Torricelli.*
2. *O que é a aceleração? Use o valor encontrado neste experimento para exemplificar.*
3. *Estime a velocidade do móvel ao passar, hipoteticamente, por um 4º sensor posicionado a uma distância do 3º idêntica a distâncias entre os demais sensores.*

4. Aceleração da Gravidade

A alteração da velocidade de um objeto pode ser aferida e a medida desta variação em função do tempo é definida como aceleração, grandeza importante para o estudo do movimento e suas causas. Este capítulo apresenta uma programação útil no estudo do movimento de objetos sujeitos a aceleração gravitacional. A montagem do Arduino, idêntica a dos capítulos 2 e 3 facilita a determinação da aceleração gravitacional local. O programa apresentará, quando executado, a aceleração escalar média do objeto no trecho com sensores.

■ Fundamentos Teóricos

É possível fazer uma análise simples do movimento de um objeto desconsiderando algumas características vetoriais. A determinação da aceleração escalar média permite o estudo de um movimento uniformemente variado, prevendo como o valor da velocidade evolui. Observando a medida da velocidade inicial e final de um móvel, para um instante de tempo inicial e final respectivamente, calcula-se a razão entre a variação da velocidade e do instante de tempo como a aceleração escalar - ver Eq. 3.1.

Objetivos

❖ Determinação do módulo da aceleração gravitacional.

O valor da aceleração escalar carrega, *a priori*, dois tipos de informações: um se refere a intensidade da variação da velocidade; o outro, indica se o móvel está acelerado ou desacelerado, basta verificar se o valor da aceleração é positivo (acelerado) ou negativo (desacelerado).

■ Montagem

Mais uma vez utilizaremos aqui a mesma montagem descrita no capítulo anterior, para o Movimento Uniforme. Fixe os sensores em um trilho vertical, conforme **Figura 10**.

Materiais e componentes:

- 5 resistores 330Ω
- 3 resistores $10k\Omega$
- 1 LED verde
- 1 LED vermelho
- 03 LEDs infravermelhos
- 03 Receptores infravermelhos
- Arduino e protoboard
- Fios *jumpers*
- Trilho vertical para queda livre

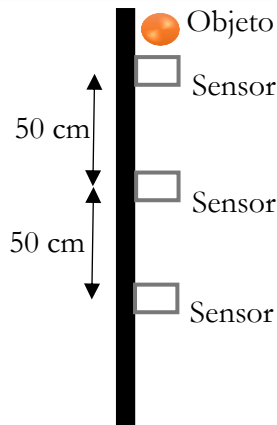


Figura 10 - Esquema para disposição dos sensores no trilho vertical. Posicione os três sensores a 50 cm um do outro.

Fonte: do autor.

■ O código

Abra o software IDE do Arduino e digite o código a seguir:

```

/*MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA-SBF
 * INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ-IFCE
 * UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ-UVA
 * PRODUTO DESENVOLVIDO POR: OSÉIAS DE SOUSA MOURÃO
 *
 * Programa destinado para estudo de Cinemática.
 * O programa calcula o intervalo de tempo entre três sensores
infravermelho,
 * e determina se o movimento é uniforme ou uniformemente variado
 *Este programa poderá ser usado para se determinar a aceleração
gravitacional
 */

#define ledVerde 7 // O LED verde deverá ser ligado
no pino digital 7
#define ledVermelho 6 // O LED vermelho deverá ser
ligado no pino digital 6
#define sensorUM 2 // Configura o pino digital 2 para
o PRIMEIRO SENSOR
#define sensorDOIS 3 // Configura o pino digital 3 para
o SEGUNDO SENSOR
#define sensorTRES 4 // Configura o pino digital 4 para
o TERCEIRO SENSOR

int estadoUM; // variável que guarda estado do
primeiro sensor
int estadoDOIS; // variável que guarda estado do
segundo sensor
int estadoTRES; // variável que guarda estado do
terceiro sensor
long interTempoUM ; // tempo decorrido no primeiro
intervalo
long interTempoDOIS ; // tempo decorrido no segundo
intervalo
long instanteUM = 0; // tempo total decorrido desde que
o programa foi executado
long instanteDOIS = 0; // tempo total decorrido desde que
o programa foi executado
long instanteTRES= 0; // tempo total decorrido desde que
o programa foi executado
long velocidadeUM;
long velocidadeDOIS;
long deslocamentoUM = 500; // distancia sugerida em milimetro
entre sensor 1 e 2. Mude a medida se for conveniente
long deslocamentoDOIS = 500; // distancia sugerida em milimetro
entre sensor 2 e 3. Mude a medida se for conveniente
long tempoTotal;
long g; // aceleração gravitacional

```

```

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

    Serial.println(".....")
    ;
    Serial.println("MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FISICA -
    MNPEF");
    Serial.println("PRODUTO DESENVOLVIDO POR: OSEIAS MOURAO");
    Serial.println(".....")
    ;
    delay(2000); //Pausa de 2 segundos
    Serial.println(".....")
    ;
    Serial.println("CINEMATICA");
    Serial.println(".....")
    ;
    delay(2000); //Pausa de 2 segundos
    Serial.println(".....")
    ;

    Serial.println("Afericao da Aceleracao Gravitacional (g)");
    Serial.println(".....")
    ;
    delay(1000); //Pausa de 2 segundos
    Serial.println("::INICIE O EXPERIMENTO:");
    Serial.println(".....")
    ;
    delay(1000); //Pausa de 1 segundos

    pinMode(ledVermelho, OUTPUT);           // Configura o pino 6 como
saída
    pinMode(ledVerde, OUTPUT);              // Configura o pino 7 como
saída
    pinMode(sensorUM, INPUT);                // Configura o pino 2 como
entrada
    pinMode(sensorDOIS, INPUT);              // Configura o pino 3 como
entrada
    pinMode(sensorTRES, INPUT);              // Configura o pino 4 como
entrada
    digitalWrite(ledVermelho, LOW);          // desliga LED vermelho
    digitalWrite(ledVerde, LOW);             // desliga LED verde

}

void loop()
{
    estadoUM = digitalRead(sensorUM);        // Ler o sensor UM e armazena
em estadoUM
    if(estadoUM == HIGH){
        digitalWrite(ledVerde, HIGH);       // Liga o LED VERDE
        digitalWrite(ledVermelho, LOW);     // desliga o LED VERMELHO
        instanteUM = millis();               // armazena o tempo Total
        decorrido para Sensor UM
    }
}

```

```

else
{
digitalWrite(ledVerde, LOW);           // desliga os LEDs VERDE e
VERMELHO
digitalWrite(ledVermelho, LOW);
}

estadoDOIS = digitalRead(sensorDOIS); // Ler o sensor DOIS e armazena
em estadoDOIS
if(estadoDOIS == HIGH) {

digitalWrite(ledVerde, LOW);           // desliga LED verde
digitalWrite(ledVermelho, HIGH);       // liga LED vermelho
instanteDOIS = millis();               // armazena o tempo Total
decorrido para Sensor DOIS

interTempoUM = (instanteDOIS - instanteUM); // cálculo do primeiro
intervalo de tempo
velocidadeUM = deslocamentoUM/interTempoUM; // calculo da velocidade
média entre 1 e 2 sensor
}
else
{
digitalWrite(ledVerde, LOW);
digitalWrite(ledVermelho, LOW);       //desliga os LED verde e
Vermelho
}

estadoTRES = digitalRead(sensorTRES); // Ler o sensor TRÊS e
armazena em estadoTRES
if(estadoTRES == HIGH) {

digitalWrite(ledVerde, HIGH);          // liga LED Verde
digitalWrite(ledVermelho, HIGH);       // liga LED Vermelho
instanteTRES = millis();               // armazena o tempo Total
decorrido para Sensor TRÊS

interTempoDOIS = (instanteTRES - instanteDOIS);
velocidadeDOIS = deslocamentoDOIS/interTempoDOIS; // calculo da
velocidade média entre 1 e 2 sensor
g=( (velocidadeDOIS*velocidadeDOIS)-
(velocidadeUM*velocidadeUM))/(2*deslocamentoDOIS); // eq. De
Torricelli
tempoTotal = interTempoDOIS;
Serial.println(".....
.....");
Serial.print(" |||| Aceleracao Gravitacional (em m/s^2) |||| g= ");
Serial.println(g); // imprime no monitor serial o valor
aproximado da aceleração gravitacional
Serial.println(".....
.....");
Serial.println(".....
.....");
delay(tempoTotal); //tempo de espera para efetuar nova leitura
}

```

```
else
{
digitalWrite(ledVerde, LOW);
digitalWrite(ledVermelho, LOW);    // desliga LED verde e Vermelho
}
}
```

Importante mencionar as dificuldades técnicas no cálculo do tempo de queda de um objeto usando um cronômetro, uma vez que o tempo de reação para acionamento do cronometro deve ser muito menor que o tempo de queda. A rapidez na atuação dos sensores conectados ao Arduino permite determinar intervalos tempo muito pequenos na ordem de milésimos de segundo.

■ Execução e coleta de dados

Como o objetivo deste experimento consiste na determinação da aceleração gravitacional, segure um objeto logo acima do sensor 1 (**Figura 10**), certificando-se que as montagens estão corretas, abandone o objeto. Como a montagem é a mesma do capítulo 2 e 3, apenas com alguns ajustes na programação, o LED verde piscará quando o objeto passar pelo primeiro sensor, depois o LED vermelho e finalmente no terceiro sensor os dois LEDs piscarão simultaneamente. Feito isso, será exibido no monitor serial o valor aproximado de g em m/s^2 , anote.

■ Questionamentos e levantamento de hipóteses

1. *Compare o valor da aceleração gravitacional encontrado pelo dispositivo com o valor normalmente apresentado nos livros de Física. Levante hipóteses e pesquise a respeito de possíveis divergências entre esses valores.*

5. Movimento Circular Uniforme

Implementações tecnológicas referente ao domínio do Movimento Circular Uniforme – MCU – abrangem desde a determinação do raio de curvatura em via de transporte rápido, a fim de minimizar o desconforto da alteração na orientação do vetor velocidade, até analisar e prever o movimento periódico da órbita de um satélite. Veremos, portanto, quais os principais fundamentos do MCU no âmbito da Cinemática, porém esse estudo já aponta algumas causas para o entendimento da natureza do MCU, com a apreciação do Princípio Fundamental da Dinâmica. Neste capítulo será apresentada uma automação que permite medir a velocidade angular de certos objetos que desenvolva um movimento circular. Conforme descrito na montagem utilizaremos um transistor de efeito Hall como sensor.

Objetivos

- ❖ Compreender principais características do movimento circular uniforme.
- ❖ Identificar e aplicar fundamentos do MCU no dia-a-dia.

Fundamentos Teóricos

O movimento circular uniforme consiste em um movimento cuja trajetória não é retilínea conotando a existência de uma aceleração orientada sempre para o centro de curvatura, implicando na alteração da orientação da velocidade; contudo sem alterar seu módulo. Tal aceleração (a) é inversamente proporcional ao raio de curvatura (R):

$$a = \frac{v^2}{R} \quad (5.1)$$

A velocidade em questão tem módulo constante, o que caracteriza a uniformidade do movimento, além disso em qualquer ponto da trajetória circular a velocidade é tangente.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (5.2)$$

A velocidade angular tem unidade de medida definida como rad/s. Em termos da velocidade angular a velocidade escalar, e dada por:

$$\omega = \frac{v}{R} \quad (5.3)$$

■ Montagem

A montagem apresentada (**Figura 11**) consiste em uma automação para o estudo do movimento circular, para isso, será necessária a utilização de algo que descreva um movimento circular, como sugestão pode-se utilizar uma parafusadeira.

Materiais e componentes:

- Transistor de efeito hall - S41.
- Arduino.
- Resistor 10kΩ.
- Jumper.
- Ímã neodímio.
- Motor ou parafusadeira.

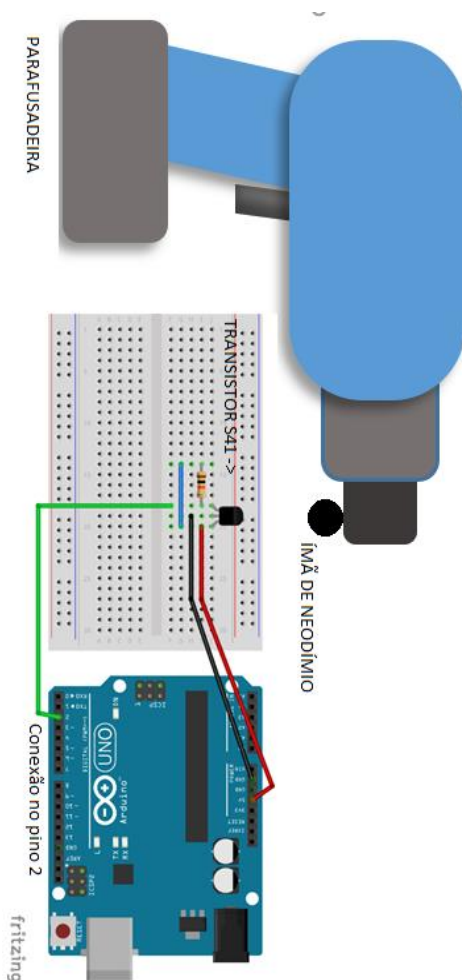


Figura 11 - Obedeça a montagem conforme a figura, usando uma parafusadeira, ou outro objeto que apresente movimento circular, mas observe que é usado um ímã que alternará o estado lógico do pino digital 2 do Arduino em cada rotação, com o código carregado na placa o Arduino exibirá a quantidade de rotação por minuto. Atenção: fixe firmemente o ímã na região de rotação!

Fonte: Imagem do autor extraída e editada no Fritzing.

Para esta montagem e programação é possível medir a frequência angular de uma parafusadeira com boa precisão. Na *protoboard* conecte cada componente, ligue os *jumpers* ao Arduino, atente-se para a conexão do pino digital 2 com o terminal de saída do transistor de efeito hall – s41. Na ponta extrema do eixo de rotação da parafusadeira fixe o ímã, importante que seja um ímã cilíndrico de neodímio, cuja intensidade da força magnética mantenha-o preso durante a rotação.

O transistor especificado nesta automação é do tipo liga/desliga, ou seja, apresenta um nível lógico alto (HIGH) ou baixo (LOW), determinado pela polaridade norte ou sul do ímã que se aproxima. Ao fixar o ímã em algum rotor e aproximá-lo do transistor, este alternará sua saída digital entre HIGH e LOW à medida que o ímã gira.

A programação a seguir permitirá a contagem de apenas um dos estados lógicos para cada segundo, o que será equivalente a frequência angular do rotor. Esse tipo de automação pode ser facilmente ajustado como tacômetro, dispositivo que permite a medição do número de *rotações por minuto* -RPM- de um motor. Por fim, verifique cuidadosamente a montagem, faça upload do código usando o software e siga as instruções do tópico execução e coleta de dados.

■ O código

Abra o software IDE do Arduino e digite o código a seguir:

```
/*MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA-SBF
* INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ-IFCE
* UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ-UVA
* PRODUTO DESENVOLVIDO POR: OSÉIAS DE SOUSA MOURÃO
*
* Programa destinado para estudo do Movimento Circular Iniforme.
* O programa calcula o valor aproximado da frequência angular.
* utiliza-se no Arduino um transistor de efeito hall, conveniente
* para registrar uma das polaridades de um ímã de neodímio fixado
* no eixo de rotação de um motor (parafusadeira), contando o
* número de voltas por segundo.
*/
```

```
long numVoltas=0; //Cria uma variável para contagem do numero de voltas

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.println(".....")
  ;
  Serial.println("MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FISICA -
  MNPEF");
  Serial.println("PRODUTO DESENVOLVIDO POR: OSEIAS MOURAO");
  Serial.println(".....")
  ;
  delay(2000); //Pausa de 2 segundos
  Serial.println(".....")
  ;
  Serial.println("MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME");
  Serial.println(".....")
  ;
  delay(2000); //Pausa de 2 segundos
  Serial.println(".....")
  ;
  Serial.println("Medindo a Velocidade Angular");
  Serial.println(".....")
  ;
  delay(2000); //Pausa de 2 segundos
  Serial.println("::INICIE O EXPERIMENTO::");
  Serial.println(".....")
  ;
  delay(1000); //Pausa de 1 segundos

}

void loop()
{
  numVoltas = 0;
  attachInterrupt(0, armVoltas, FALLING); //interrompe o loop para
  incrementar o numero de voltas(ativando a função "armaVoltas"), a
  partir do transistor s41 no pino 2
  delay(1000); //Aguarda 1 segundo
  detachInterrupt(0); //Desabilita a interrupção
  numVoltas = numVoltas;
  Serial.println("velocidade angular");
  Serial.print(numVoltas); //Imprime o numero de voltas por segundo na
  serial, a velocidade angular
  Serial.println(" rad/s"); //Imprime a unidade de medida da velocidade
  angular
}

void armVoltas() // função para armazenar o numero de voltas
{
  numVoltas++; //soma o numero de rotações quando a variação na
  polaridade do ímã
}
```

■ Execução e coleta de dados

Com este experimento fica fácil a análise do movimento circular uniforme, permitindo a compreensão de algumas grandezas, próprias do MCU, como a frequência angular, a velocidade tangencial em um ponto a uma distância R do centro de rotação e principalmente a compreensão da aceleração centrípeta.

Portanto, utilizando uma régua, meça o raio (R) do ímã e registre a medida do raio. Converta a unidade de medida para metros. Tendo iniciado o monitor serial aproxime a parafusadeira, em operação, do transistor de efeito Hall, perceba no monitor que a frequência angular será registrada, mantenha a mesma velocidade de rotação na parafusadeira, pode se aplicar a potência máxima, onde será mostrada frequência angular máxima da parafusadeira. Registre também a frequência angular (ω).

■ Questionamentos e levantamento de hipóteses

1. *Utilizando a frequência angular registrada, calcule a velocidade tangencial da extremidade do ímã.*
2. *Calcule o módulo da aceleração centrípeta atuante nas extremidades do ímã.*
3. *Explique qual o papel da aceleração centrípeta no MCU.*

6. Força Peso

O peso de um corpo está relacionado a aceleração gravitacional em que o corpo está sujeito e sua massa. Na Terra, um corpo qualquer é seis vezes mais pesado do que se estivesse na Lua. Neste experimento mediremos o peso de algumas massas aferidas usando um dinamômetro simples acoplado a um módulo laser e LDR, que conectados ao Arduino mostram a força peso em Newtons, na superfície da Terra e em alguns corpos celestes do sistema solar.

Objetivos

- ❖ Aplicar 2ª Lei de Newton.
- ❖ Determinação do peso de massas aferidas.

Fundamentos Teóricos

O peso de um corpo é determinado pelo campo gravitacional onde o corpo se encontra, como o peso é um tipo de força, sua determinação tem origem na aplicação da 2ª Lei de Newton. A aplicação de uma força sobre um corpo de massa m , produz uma aceleração. A relação matemática é dada por,

$$F = m \cdot a \quad (6.1)$$

Considerando que um objeto esteja sujeito exclusivamente a ação de uma força gravitacional, a aceleração produzida é definida como a aceleração gravitacional (g). Nesses termos, a força determinada é chamada de peso (p):

$$p = m \cdot g \quad (6.2)$$

No dia-a-dia o termo “peso” é usado indevidamente referindo-se a “massa”. O instrumento que mede realmente o peso de um objeto é o dinamômetro, enquanto que as balanças medem a massa, obviamente o peso pode ser calculado a partir

da massa aferida em uma balança. O cálculo seria simplesmente o produto da massa e da aceleração gravitacional.

Com um dinamômetro é possível aferir o peso de um corpo. Quando uma massa suspensa à mola de um dinamômetro está em equilíbrio, as forças atuantes são o peso e a força elástica. Nesta situação, as forças têm módulos iguais, logo o peso do objeto será proporcional a deformação na mola.

■ Montagem

A montagem apresentada neste capítulo consiste na automação de um dinamômetro simples, a intenção da automação é permitir a aferição da força peso, em newtons, de objetos. Com o Arduino será possível análise do peso, seja na superfície da Terra ou em outros corpos celestes.

Materiais e componentes:

- Dinamômetro
- Massas aferidas
- Arduino
- Resistor 10 k Ω
- Protoboard
- Jumpers
- Laser

No monitor serial será possível verificar o peso na Terra, na Lua, no Sol e nos demais planetas do sistema solar, incluindo Plutão.

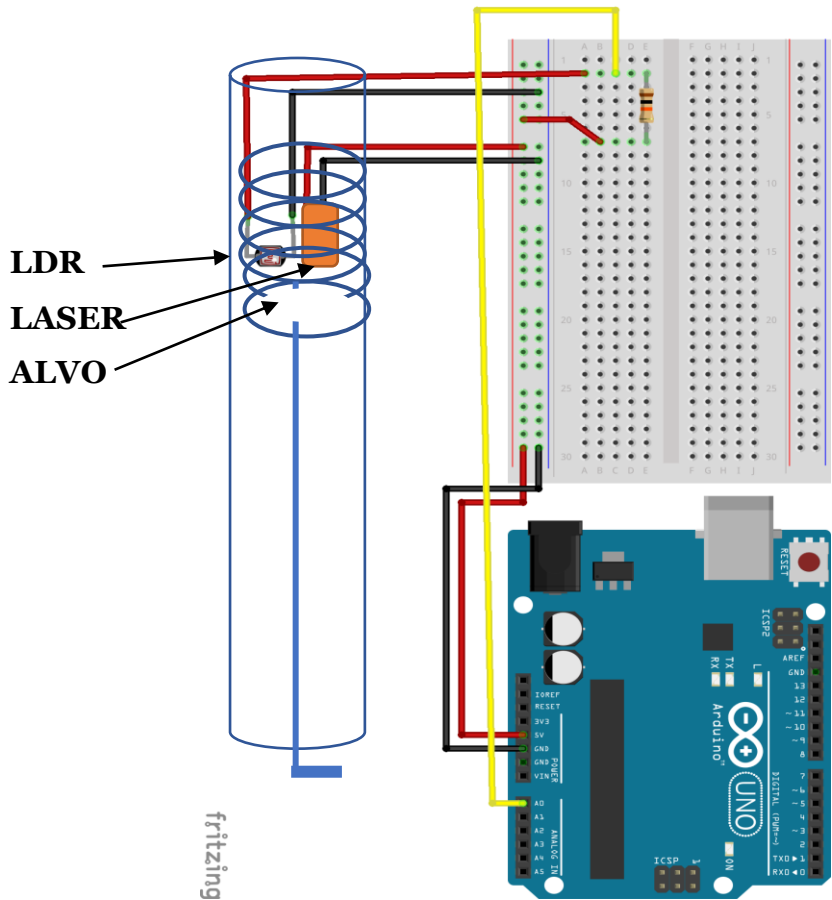


Figura 12 - Para a execução deste experimento é necessário desmontar a parte superior do dinamômetro, se isso não for possível será necessário serrá-lo totalmente na superior, isto para inserir o Laser e o LDR. Além disso, um alvo branco deve ser fixado na espiral inferior (a última) a fim de refletir a luz do laser na direção do LDR. Sugestão: caso não caiba o Laser e o LDR no interior do dinamômetro você pode fixar o LDR na parte externa do dinamômetro, paralelo ao Laser.

Fonte: Imagem do autor extraída e editada no Fritzing.

Para executar este experimento é importante desmontar o dinamômetro para fixar o módulo laser/LDR em uma posição a, aproximadamente, 1cm acima da extremidade móvel inferior da mola do dinamômetro. Essa mesma extremidade deverá estar pintada com cor clara, o que permite a reflexão do laser e devida sensibilização do LDR. Veja a **Figura 12**.

Para iniciar o experimento fixe verticalmente, em um suporte, o dinamômetro e prepare as massas aferidas que você utilizará.

■ O código

Abra o software IDE do Arduino e digite/cole o código a seguir:

```
/*MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA-SBF
 * INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ-IFCE
 * UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ-UVA
 * PRODUTO DESENVOLVIDO POR: OSÉIAS DE SOUSA MOURÃO
 *
 * Programa destinado para estudo da força
 * peso de um objeto,
 */
char leitura;
int valorLDR;
int forcIN;
int forcFIM;
float valFOR;
int Fdim = 2; // ajuste aqui a medida(em N) máxima da força que pode
ser registrada no seu dinamômetro
float FdimP; // variável armazena múltiplo de Fdim, para controlar
precisão

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

  Serial.println(".....")
  ;
  Serial.println("MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FISICA -
  MNPEF");
  Serial.println("PRODUTO DESENVOLVIDO POR: OSEIAS MOURAO");
  Serial.println(".....")
  ;
  delay(2000); //Pausa de 2 segundos
  Serial.println(".....")
  ;
  Serial.println("FORCA PESO");
```

```

Serial.println(".....");
;
delay(2000); //Pausa de 2 segundos
Serial.println(".....");
;
Serial.println("MEDINDO O PESO DE MASSAS AFERIDAS");
Serial.println(".....");
;
delay(1000); //Pausa de 2 segundos
    Serial.println("Calibrando o dinamometro");
        delay(2000);
Serial.println("posicione o dinamometro na posicao inicial");
delay(5000);
    forcIN = analogRead(A0);
    delay(1000);
Serial.println("...");
Serial.println("Agora posicione o dinamometro na posicao final");
delay(3000);
forcFIM = analogRead(A0);
delay(1000);
Serial.println("calibrado!");
delay(1000);
Serial.println("para exibir o peso do objeto pressione a letra inicial
do planeta e aperte Enter");
Serial.println("Peso na Terra (T ou t)");
Serial.println("Peso na Lua (L ou l)");
Serial.println("Peso no Sol (S)");
Serial.println("Peso em Venus (V ou v)");
Serial.println("Peso em Mercurio (m)");
Serial.println("Peso em Marte (M)");
Serial.println("Peso em Jupiter (J ou j)");
Serial.println("Peso em Saturno (s)");
Serial.println("Peso em Netuno (N ou n)");
Serial.println("Peso em Plutao (P ou p)");
Serial.println("Peso em Urano (U ou u)");
}

void loop() {
FdimP = Fdim*100.00;

valorLDR = analogRead(A0);

    valFOR = map(valorLDR, forcFIM, forcIN, FdimP, 0.00);
    delay(500);
    while (Serial.available() > 0) {
        //Lê o dado vindo da Serial e armazena na variável leitura
        leitura = Serial.read();
        if (leitura == 'T' || leitura == 't'){// As duas || é a operação
        booleana OU

Serial.println("Peso na Terra:");
Serial.print("F= ");
Serial.print(valFOR/100);
Serial.println(" N");
if ((valFOR/100)< -0.02) {
    Serial.println(":::sensor descalibrado, calibre-o novamente:::");

```

```

    }
}
else if (leitura == 'L' || leitura == 'l'){
    Serial.println("Peso na Lua:");
    Serial.print("F= ");
    Serial.print(valFOR/600);
    Serial.println(" N");
}

else if (leitura == 'S'){
    Serial.println("Peso no Sol:");
    Serial.print("F= ");
    Serial.print(valFOR*28.02/100);
    Serial.println(" N");
}

else if (leitura == 'm'){
    Serial.println("Peso em Mercurio:");
    Serial.print("F= ");
    Serial.print(valFOR*0.38/100);
    Serial.println(" N");
}
else if (leitura == 'V' || leitura == 'v'){
    Serial.println("Peso no Venus:");
    Serial.print("F= ");
    Serial.print(valFOR*0.90/100);
    Serial.println(" N");
}
else if (leitura == 'M'){
    Serial.println("Peso em Marte:");
    Serial.print("F= ");
    Serial.print(valFOR*0.38/100);
    Serial.println(" N");
}
else if (leitura == 'J' || leitura == 'j'){
    Serial.println("Peso em Jupiter:");
    Serial.print("F= ");
    Serial.print(valFOR*2.53/100);
    Serial.println(" N");
}
else if (leitura == 's'){
    Serial.println("Peso em Saturno:");
    Serial.print("F= ");
    Serial.print(valFOR*1.07/100);
    Serial.println(" N");
}
else if (leitura == 'U' || leitura == 'u'){
    Serial.println("Peso em Urano:");
    Serial.print("F= ");
    Serial.print(valFOR*0.89/100);
    Serial.println(" N");
}
else if (leitura == 'N' || leitura == 'n'){
    Serial.println("Peso Netuno:");
    Serial.print("F= ");
    Serial.print(valFOR*1.14/100);
}

```

```
Serial.println(" N");
}
else if (leitura == 'P' || leitura == 'p'){
Serial.println("Peso em Plutao:");
Serial.print("F= ");
Serial.print(valFOR*0.07/100);
Serial.println(" N");
}

}

}
```

Para que seu dispositivo funcione corretamente, o programa exigirá calibração do dinamômetro antes de iniciar a realização das medidas. Isso em razão de possíveis variações na posição do LDR e das flutuações de luminosidade no LDR. Além disso é importante que você observe a medida máxima do seu dinamômetro e digite essa medida na linha 14 substituindo o valor que lá se encontra. Veja que nesta linha aparece a variável *Fdim* = 2, por padrão este programa mede adequadamente força de até 2N. Portanto, verifique até quanto varia seu dinamômetro e substitua o valor da variável *Fdim*.

■ Execução e coleta de dados

Depois de conferir toda a montagem e a inserção do código no software do Arduino IDE, faça *upload* para o seu Arduino. Inicie o Monitor serial, note que após a introdução do experimento que é exibida no Monitor serial, surgirá a mensagem:

"Calibrando o dinamometro"

Será o momento de calibrar o dinamômetro para só então dar início as medidas. A mensagem seguinte será:

"posicione o dinamometro na posicao
inicial"

A partir da exibição da mensagem você terá apenas 5 segundos para deixar o dinamômetro em sua posição inicial, ou seja, sem nenhuma massa suspensa em sua extremidade inferior

aguarde até que surja a mensagem para o próximo procedimento. Caso não consiga efetuar este procedimento dentro dos 5 segundos reinicie o monitor Serial, ou o Arduino, e repita. Ao findar os 5 segundos, a nova mensagem será exibida:

```
"Agora posicione o dinamometro na  
posicao final"
```

Este é o último procedimento e consiste em apenas estender a mola do Arduino até sua marca máxima, correspondente ao valor máximo da força que o mesmo pode registrar. Também deverá ser mantida essa posição durante os 5 após a exibição da mensagem.

Tudo pronto, você já pode medir o peso da massa que você escolheu! Caso o dinamômetro esteja mal calibrado, surgirá a seguinte mensagem quando estiver sem a massa:

```
"::::sensor descalibrado, calibre-o  
novamente::::"
```

Para resolver isso, inicie novamente o monitor serial ou o Arduino e repita os dois procedimentos.

Note que quando você suspender alguma massa no dinamômetro nenhuma medida aparecerá no Monitor até que você pressione a letra inicial correspondente ao corpo celeste em que supostamente a massa aferida estivesse. Ou seja, suspenda a massa no dinamômetro digite *T* ou *t* no monitor, pressione ENTER e pronto, será exibido o peso da massa aferida na Terra. Para saber a massa em qualquer outro corpo celeste verifique a relação a seguir: Peso na Terra (T ou t); Peso na Lua (L ou l); Peso no Sol (S); Peso em Vênus (V ou v); Peso em Mercúrio (m); Peso em Marte (M); Peso em Júpiter (J ou j); Peso em Saturno (s); Peso em Netuno (N ou n); Peso em Plutão (P ou p); Peso em Urano (U ou u).

Tabela 3 - Modelo de tabela para registro dos dados

Tipo de dado	Valor do dado
Massa aferida (kg):	
Corpo celeste	Peso da massa aferida
Júpiter	
Lua	
Marte	
Mercúrio	
Netuno	
Plutão	
Saturno	
Sol	
Terra	
Urano	
Vênus	

Fonte: do autor.

Registre a medida da massa que você escolheu em Kg na **Tabela 3** e as medidas do peso desta massa apresentado em cada corpo celeste.

■ Questionamentos e levantamento de hipóteses

1. *Porque a mesma massa apresenta pesos diferentes em cada corpo celeste?*
2. *Calcule a aceleração gravitacional em cada corpo celeste usando a massa que você usou e os respectivos pesos apresentados.*
3. *Pense e comente sobre como a gravidade influencia na órbita de um corpo celeste.*

7. Lei de Hooke

Muitos instrumentos de medição utilizam molas como parte do sistema mecânico de medição, como é o caso de algumas balanças, dinamômetros e aparelhos de medidas de grandezas elétricas. Essas aplicações são possíveis em virtude da deformação da mola manter uma relação de proporcionalidade entre a força aplicada e deslocamento.

Objetivos

- ❖ Compreender a relação de proporcionalidade na deformação de uma mola.

Fundamentos Teóricos

Quando se aplica uma força sobre uma mola surge uma deformação na mola, ou seja, a mola pode esticar ou ser comprimida dependendo do sentido da força aplicada. A relação de proporcionalidade entre a força e a deformação elástica foi apresentada ainda no século XVII pelo físico inglês Robert Hooke, a partir do comportamento de uma mola, obviamente, esta relação aplica-se a quaisquer materiais que apresentem deformação elástica, ou seja que retornem as suas características originais quando a força é retirada. Eis a relação:

$$F = k \cdot x \quad (7.1)$$

F representa a força em Newtons (N), x a deformação em metros (m) e k uma constante de proporcionalidade denominada constante elástica da mola, cuja unidade é N/m.

Montagem

Usar a mesma montagem apresentada no capítulo 6.

■ O código

Abra o o software IDE do Arduino e digite o código a seguir:

```
/*MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA-SBF
 * INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ-IFCE
 * UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ-UVA
 * PRODUTO DESENVOLVIDO POR: OSÉIAS DE SOUSA MOURÃO
 *
 * Programa destinado para estudo da Lei de Hooke
 */
char leitura;
int valorLDR;
int forcIN;
int forcFIM;
float valFOR;
int Fdim = 2; // ajuste aqui a medida(em N) maxima da força no seu
dinammetro
float FdimP; // variável armazena multiplo de Fdim, para controle
precisão

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

    Serial.println(".....")
    ;
    Serial.println("MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FISICA -
MNPEF");
    Serial.println("PRODUTO DESENVOLVIDO POR: OSEIAS MOURAO");
    Serial.println(".....")
    ;
    delay(2000); //Pausa de 2 segundos
    Serial.println(".....")
    ;
    Serial.println("FORCA PESO");
    Serial.println(".....")
    ;
    delay(2000); //Pausa de 2 segundos
    Serial.println(".....")
    ;
    Serial.println("MEDINDO O PESO DE MASSAS AFERIDAS");
    Serial.println(".....")
    ;
    delay(1000); //Pausa de 1 segundos

    Serial.println("Calibrando o dinamometro");
    delay(2000);
    Serial.println("posicione o dinamometro na posicao inicial");
    delay(5000);
    forcIN = analogRead(A0);
    delay(1000);
    Serial.println("...");
    Serial.println("Agora posicione o dinamometro na posicao final");
```

```

delay(3000);
forcFIM = analogRead(A0);
delay(1000);
Serial.println("calibrado!");
delay(1000);
}
void loop(){
  FdimP = Fdim*100.00;

  valorLDR = analogRead(A0);

  valFOR = map(valorLDR, forcFIM, forcIN, FdimP, 0.00);
  delay(500);
  Serial.print("F= ");
  Serial.print(valFOR/100);
  Serial.println(" N");
  if ((valFOR/100) < -0.02) {
    Serial.println("::::sensor descalibrado, calibre-o novamente::::");
  }
}

```

Instruções sobre o código e possíveis ajustes consulte o capítulo 6.

■ Execução e coleta de dados

Depois de enviar o código ao Arduino, realize a calibragem como descrita no capítulo 6. Use diversas massas aferidas e pendure-as no dinamômetro, registrando a força apresentada no monitor serial. Use a **Tabela 4**.

Tabela 4 - Modelo de tabela para registro dos dados.

Massa aferida (g)	Força peso (N)	Deformação na mola (x)

Fonte: do autor.

■ Questionamentos e levantamento de hipóteses

1. *O dinamômetro que você utilizou obedeceu a Lei de Hooke? Sugestão: calcule a constante elástica para mais de um par de medida da força e da deformação.*
2. *Qual a constante elástica da mola do dinamômetro que você utilizou?*

8. Hidrostática: Empuxo

A hidrostática é parte da mecânica dos fluidos, área da física que estuda os efeitos das forças sobre os fluidos, ou seja, gases e líquidos. Os princípios abordados na hidrostática são preponderantes para se compreender o comportamento dos fluidos em situação de repouso, bem como a atuação de certas forças e a distribuição da pressão. Conceitos fundamentais que ajudam a compreender e replicar conhecimentos, como, por que navios pesadíssimos não afundam? Por que nos sentimos mais leves ao entrarmos em piscina? São questões curiosas, mas que podem ser facilmente compreendidas tomando os princípios hidrostáticos. Para essas questões aplica-se suficientemente o princípio de Arquimedes, portanto este capítulo será dedicado ao estudo da força de empuxo, com a construção de um simples dispositivo feito de garrafa PET e um Arduino Mega (pode ser feito com UNO, mas com limitações de entradas digitais), capaz de medir o empuxo sobre algum corpo.

Objetivos

❖ Compreender o conceito de empuxo.

❖ Relacionar densidade, aceleração gravitacional e volume deslocado no princípio de Arquimedes.

Fundamentos Teóricos

Segundo o princípio de Arquimedes:

Um corpo completamente (ou parcialmente) imerso em um fluido receberá a ação de uma força (empuxo) para cima igual ao peso do fluido deslocado.

As forças atuantes em um corpo imerso em um fluido são o peso do corpo e o empuxo (E). Como o peso do fluido deslocado (p_{dest}) determina a intensidade do empuxo, temos:

$$E = p_{desl} = m_{desl} \cdot g \quad (8.1)$$

A massa deslocada tem volume dado por:

$$m_{desl} = v_{desl} \cdot d \quad (8.2)$$

Logo o empuxo (E) em termos do volume deslocado (v_{desl}) é

$$E = v_{desl} \cdot d \cdot g \quad (8.3)$$

Na prática com este princípio é possível determinar a densidade de líquidos ou objetos. É possível determinar, inclusive, o peso (p) do objeto, quando o mesmo se encontra em equilíbrio, onde a força resultante é nula, ou seja o empuxo e o peso do objeto tem mesmo módulo,

$$p = E \quad (8.4)$$

■ Montagem

Utilize uma garrafa PET como recipiente. É importante que a garrafa seja cilíndrica na região que será analisado o volume deslocado, normalmente alguns modelos tem a região central cilíndrica.

Ver **figura 13** para montagem

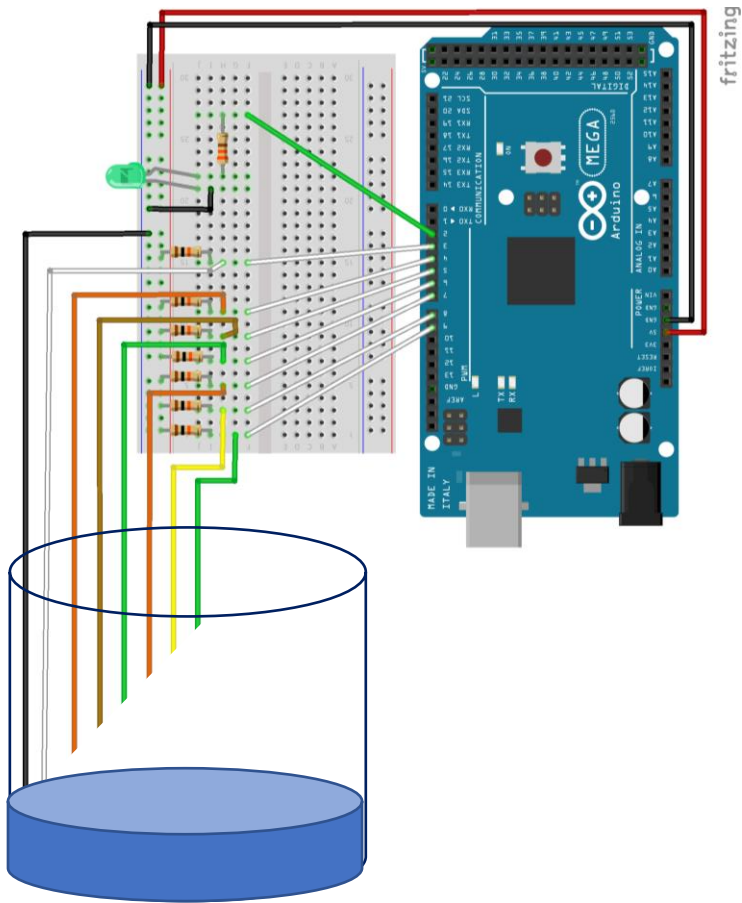


Figura 1 – Montagem para o Capítulo 8. Observe, conforme a imagem, a distância vertical entre os fios, fixa-los bem para evitar que mudem de posição durante manuseio.

Fonte: Imagem do autor extraída e editada no *Fritzing*.

Corte a garrafa na extremidade superior no ponto onde a mesma se afunila. Fixe os oito fios na garrafa, note que o fio preto e branco estão no mesmo nível, equivalente a posição zero na referência da régua. Os demais fios devem ter suas extremidades distantes de 0,5cm, na vertical. Para que os fio não mudem de posição use cola instantânea em toda a extensão dos fios em contato com a garrafa.

Uma variação de meio centímetro no nível do líquido equivale a uma variação no volume de aproximadamente 33 ml. Para garantir esses parâmetros utilize apenas garrafas com 9,5 cm de diâmetros. A montagem apresentada pode medir uma variação volumétrica de 0 a 200ml.

Materiais e componentes:

- Fios condutores compridos, cerca 40 cm.
- 7 resistores 10k Ω .
- 1 resistor 330 Ω .
- 1 LED.
- Arduino Uno (ou Mega para usar mais entradas digitais).
- Protoboard.
- Garrafa PET.
- Régua.

Após a montagem despeje água no recipiente até o nível inicial (0 cm). Assim, o experimento consiste em monitorar o volume de líquido deslocado quando um objeto for abandonado sobre o líquido. No monitor serial será apresentado o último volume deslocado e o empuxo sobre o objeto. Abandone sobre o líquido apenas objetos pequenos com volume máximo de 200ml, sem que encontre na garrafa. Para que a análise não apresente erros os objetos podem ser bexigas apenas com água (sem ar) e com volume de 33ml, 66ml, 100ml, 133ml, 166ml e 200ml.

A detecção do nível ocorre quando o líquido deslocado atinge o fio do respectivo nível, fechando o circuito, logo é necessário que o líquido conduza eletricidade. Para haver condução elétrica ponha um pouco de sal de cozinha na água.

■ O código

Abra o o software IDE do Arduino e digite o código a seguir:

```

/*MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA-SBF
 * INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ-IFCE
 * UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ-UVA
 * PRODUTO DESENVOLVIDO POR: OSÉIAS DE SOUSA MOURÃO
 *
 * Programa destinado para estudo do Principio de Arquimedes, ou seja,
 * aferição do empuxo sobre objetos que ocupam até 200ml de volume
 total.
 */

int ledPin = 2;
int inPinUM = 3;           //nivel UM inicial 0cm | volume deslocado 0
ml
int inPinDOIS = 4;         //nivel dois    0,5cm | volume deslocado
~33 ml
int inPinTRES = 5;         //nivel tres    1,0cm | volume deslocado
~66 ml
int inPinQUATRO = 6;       //nivel quatro  1,5cm | volume deslocado
~100 ml
int inPinCINCO = 7;        //nivel cinco   2,0cm | volume deslocado
~133 ml
int inPinSEIS = 8;         //nivel seis    2,5cm | volume deslocado
~167 ml
int inPinSETE = 9;         //nivel sete    3,0cm | volume deslocado
~200 ml
int valUM = 0;
int valDOIS = 0;
int valTRES = 0;
int valQUATRO = 0;
int valCINCO = 0;
int valSEIS = 0;
int valSETE = 0;
float empuxo;
void setup() {
    Serial.begin(9600);

    Serial.println(".....")
;
    
```

Arduino & Ensino de Física, por Oséias Mourão

```
Serial.println("MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FISICA -
MNPEF");
Serial.println("PRODUTO DESENVOLVIDO POR: OSEIAS MOURAO");
Serial.println(".....");
;
delay(2000); //Pausa de 2 segundos
Serial.println(".....");
;
Serial.println("HIDROSTATICA: EMPUXO");
Serial.println(".....");
;
delay(2000); //Pausa de 2 segundos
Serial.println(".....");
;
Serial.println("Aferição do volume deslocado e o EMPUXO");
Serial.println(".....");
;
delay(1000); //Pausa de 1 segundos
Serial.println("::INICIE O EXPERIMENTO::");
Serial.println(".....");
;
delay(1000); //Pausa de 1 segundos

    pinMode (ledPin, OUTPUT);
pinMode (inPinUM, INPUT);
pinMode (inPinDOIS, INPUT);
pinMode (inPinTRES, INPUT);
pinMode (inPinQUATRO, INPUT);
pinMode (inPinCINCO, INPUT);
pinMode (inPinSEIS, INPUT);
pinMode (inPinSETE, INPUT);
}

void loop() {

// NIVEL UM 0 ml
valUM = digitalRead(inPinUM);

if (valUM == HIGH){
    digitalWrite(ledPin, LOW);
    Serial.println("Atencao liquido Abaixo do Nivel complete o
Recipiente!");
} else {
    digitalWrite(ledPin, HIGH);

Serial.println(".....");
;
    Serial.println("Tudo Pronto! Abandone Um objeto na superficie do
Liquido.");

Serial.println(".....");
;
}

// NIVEL DOIS 33,3 ml
```

```

valDOIS = digitalRead(inPinDOIS);

if (valDOIS == HIGH){
    Serial.println(".");
} else {

Serial.println(".....")
;
    Serial.print("ULTIMO VOLUME DETECTADO =");
    Serial.println(" 33 mililitros");
    Serial.print("EMPUXO =");
    Serial.println(" 0,33 newtons");

Serial.println(".....")
;
    }

    // NIVEL TRES 66,7 ml
    valTRES = digitalRead(inPinTRES);

    if (valTRES == HIGH){
        Serial.println(".");
    } else {
        Serial.println(".....")
        ;
        Serial.print("ULTIMO VOLUME DETECTADO =");
        Serial.println(" 66,7 mililitros");
        Serial.print("EMPUXO =");
        Serial.println(" 0,65 newtons");

        Serial.println(".....")
        ;
        }

        // NIVEL QUATRO 100 ml
        valQUATRO = digitalRead(inPinQUATRO);

        if (valQUATRO == HIGH){
            Serial.println(".");
        } else {

        Serial.println(".....")
        ;
            Serial.print("ULTIMO VOLUME DETECTADO =");
            Serial.println(" 100 mililitros");
            Serial.print("EMPUXO =");
            Serial.println(" 0,98 newtons");

        Serial.println(".....")
        ;
            }

            // NIVEL CINCO 133 ml
            valCINCO = digitalRead(inPinCINCO);

            if (valCINCO == HIGH){

```

```

        Serial.println(".");
    } else {

Serial.println(".....")
;
        Serial.print("ULTIMO VOLUME DETECTADO =");
        Serial.println(" 133,3 mililitros");
        Serial.print("EMPUXO =");
        Serial.println(" 1,3 newtons");

Serial.println(".....")
;
    }

    // NIVEL SEIS ~167 ml
    valSEIS = digitalRead(inPinSEIS);

    if (valSEIS == HIGH){
        Serial.println(".");
    } else {

Serial.println(".....")
;
        Serial.print("ULTIMO VOLUME DETECTADO =");
        Serial.println(" 167");
        Serial.print("EMPUXO =");
        Serial.println(" 1,63 newtons");

Serial.println(".....")
;
    }

    // NIVEL SETE ~200 ml
    valSETE = digitalRead(inPinSETE);

    if (valSETE == HIGH){
        Serial.println(".");
    } else {

Serial.println(".....")
;
        Serial.print("ULTIMO VOLUME DETECTADO =");
        Serial.println(" 200 mililitros");
        Serial.print("EMPUXO =");
        Serial.println(" 1,9 newtons");

Serial.println(".....")
;
    }

    delay(2000);
}

```

■ Execução e coleta de dados

Após a montagem e upload do código inicie o monitor serial. Caso o nível inicial do líquido não esteja correto a seguinte mensagem será exibida:

Atenção líquido Abaixo do Nível complete o Recipiente!

Se o nível estiver correto, a mensagem a ser exibida será:

Tudo Pronto! Abandone Um objeto na superfície do Líquido.

Separe os objetos e abandone-os individualmente no recipiente. Observe, no monitor serial, que serão exibidos o último volume deslocado e o empuxo sobre o objeto. Registrar na **Tabela 5**. Não revele nem o volume nem a massa dos objetos aos seus alunos, deixe que eles determinem estes valores nos questionamentos a partir das medidas apresentadas no monitor serial.

Tabela 5 - Modelo de tabela para registro dos dados.

Objeto 1	
Volume deslocado: _____	Empuxo: _____
Objeto 2	
Volume deslocado: _____	Empuxo: _____
Objeto 3	
Volume deslocado: _____	Empuxo: _____
Objeto 4	
Volume deslocado: _____	Empuxo: _____
Objeto 5	
Volume deslocado: _____	Empuxo: _____
Objeto 6	
Volume deslocado: _____	Empuxo: _____

Fonte: do autor.

■ Questionamentos e levantamento de hipóteses

1. *Com base nos dados coletados determine a densidade do líquido.*
2. *É possível calcular a massa dos objetos a partir dos dados apresentados? Em que circunstância? Se possível calcule cada massa.*
3. *Reúna-se com seus colegas e pensem em possíveis aplicações que utilizem a montagem apresentada, registre-as.*

9. Escalas Termométrica

A aferição da temperatura de um corpo ou mesmo do ambiente requer a utilização de algum instrumento que apresente variação em alguma propriedade física quando sua temperatura também varia. Em virtude da natureza das propriedades físicas, há vários tipos de termômetros, que diferem quanto ao tipo de grandeza termométrica, por exemplo, termômetros de mercúrio, cuja grandeza termométrica corresponde a dilatação ou contração térmica; termômetros digitais, que possuem uma resistência elétrica que varia em função da temperatura; há ainda termômetros Ópticos que medem a radiação térmica da matéria. Neste capítulo iremos construir um termômetro que fornece a temperatura nas escalas Celsius, Fahrenheit e Kelvin.

Objetivos

- ❖ Analisar o funcionamento de termômetros baseados em resistência variável
- ❖ Relacionar as principais escalas termométrica

Fundamentos Teóricos

Uma das escalas de temperatura mais utilizadas é a escala Celsius, baseada na temperatura do ponto de fusão do gelo (0°) e de ebulição da água (100°). Há ainda a escala Fahrenheit e Kelvin, também muito conhecidas, a última mais no domínio da comunidade científica.

Vejamos algumas relações matemáticas entre as escalas citadas.

Celsius x Fahrenheit:

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} \quad (9.1)$$

Celsius x Kelvin:

$$T_K = T_C + 273 \quad (9.2)$$

■ Montagem

Neste experimento usa-se como sensor de temperatura um resistor cuja resistividade é sensível à temperatura, esse componente eletrônico é conhecido como termistor, que normalmente pode medir temperatura na faixa de -55°C a 125°C .

Materiais e componentes:

- Arduino
- 4 Resistores $10\text{k}\Omega$
- 3 Chave Tátil Push-Button
- Termistor
- Fios jumpers

Siga o esquema apresentado na montagem (**Figura 14**). Para facilitar a realização de medidas é importante que os dois fios condutores ligados ao termistor sejam longos o suficiente.

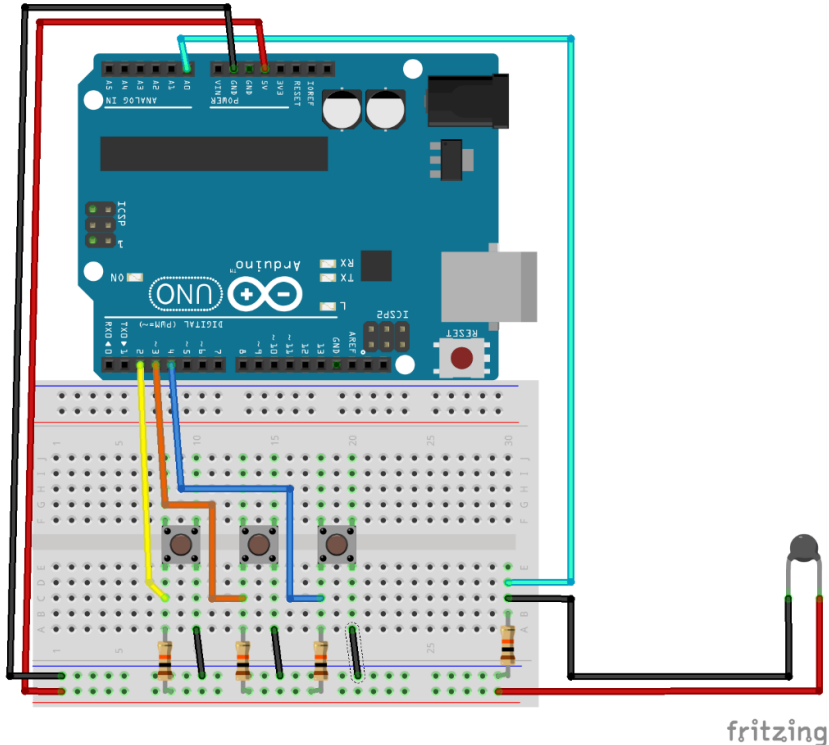


Figura 14 - Conforme a montagem e as instruções no *sketch* ao pressionar os botões (chave tátil) da esquerda para a direita, se obtém a temperatura na escala Celsius, Fahrenheit e Kelvin.

Fonte: Imagem do autor extraída e editada no Fritzing.

■ O código

Abra o software IDE do Arduino e digite o código a seguir:

```
/*MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA-SBF
* INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ-IFCE
* UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ-UVA
* PRODUTO DESENVOLVIDO POR: OSÉIAS DE SOUSA MOURÃO
*
* Programa destinado ao estudo das escalas termométrica.
```

Arduino & Ensino de Física, por Oséias Mourão

```
* Usando um termistor de 10k para aferição da temperatura
* em Celsius, Fahrenheit ou Kelvin.
*/
#include <Thermistor.h> // caso não tenha adicionado esta biblioteca,
adicione em Sketch-> incluir biblioteca-> adicionar biblioteca .ZIP
#define inPinUM 2
#define inPinDOIS 3
#define inPinTRES 4
Thermistor temp(0);
int tempF;
int tempK;
int valUM;
int valDOIS;
int valTRES;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println(".....")
  ;
  Serial.println("MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FISICA -
  MNPEF");
  Serial.println("PRODUTO DESENVOLVIDO POR: OSEIAS MOURAO");
  Serial.println(".....")
  ;
  delay(2000); //Pausa de 2 segundos
  Serial.println(".....")
  ;
  Serial.println("Escalas Termometricas");
  Serial.println(".....")
  ;
  delay(2000); //Pausa de 2 segundos
  Serial.println(".....")
  ;
  Serial.println("Medindo temperatura");
  Serial.println(".....")
  ;
  delay(1000); //Pausa de 1 segundos
  Serial.println("::::::::::Primeiro Botao-> Escala Celsius::::::::::
  ");
  Serial.println("::::::::::Segundo Botao-> Escala Fahrenheit::::::::::
  ");
  Serial.println("::::::::::Terceiro Botao-> Escala Kelvin::::::::::
  ");
  Serial.println(".....")
  ;
  delay(1000); //Pausa de 1 segundos

  pinMode(inPinUM, INPUT);
  pinMode(inPinDOIS, INPUT);
  pinMode(inPinTRES, INPUT);
}

void loop()
{

  int tempC = temp.getTemp(); //pega a temperatura na escala Celsius
```

```
tempF= 32 + (tempC*9)/5;          //temperatura em Fahrenheit
tempK= tempC+273;                 // temperatura em Kelvin

valUM = digitalRead(inPinUM);
valDOIS = digitalRead(inPinDOIS);
valTRES = digitalRead(inPinTRES);
if( valUM == LOW){

Serial.print("Temperatura em graus Celsius = ");
Serial.println(tempC);

    } else{
        Serial.println("...");
    }

if( valDOIS == LOW){

Serial.print("Temperatura em graus Fahrenheit = ");
Serial.println(tempF);

    } else{
        Serial.println("...");
    }

if( valTRES == LOW){
Serial.print("Temperatura em Kelvin = ");
Serial.println(tempK);

    } else{
        Serial.println("...");
    }

delay(1000);

}
```

Para que este programa funcione é necessário manter a biblioteca “Thermistor.h” que já está incluída no código, porem a mesma deve estar devidamente instalada no software IDE, para fazer isso baixe a biblioteca em www.fisicarduino.com.

Feito download instale a biblioteca em:

Sketch > Inclui Biblioteca > Adicionar biblioteca .ZIP.

Observe na **figura 15**.

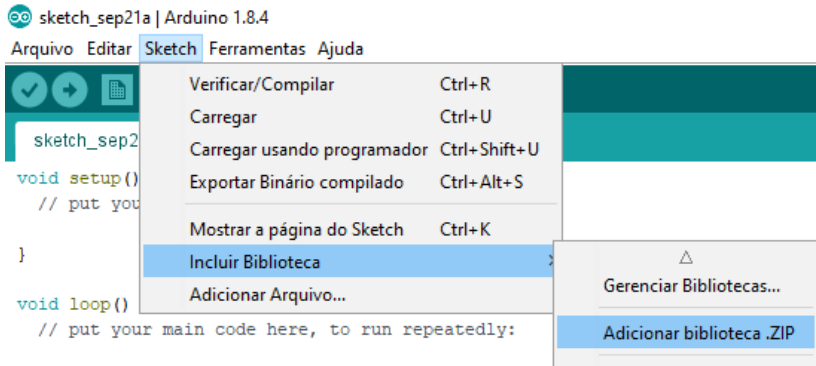


Figura 15 - Procedimento para inclusão da biblioteca Termistor.h. Porém antes deste procedimento baixe a biblioteca disponível em www.fisicarduino.com.

Fonte: do autor.

■ Execução e coleta de dados

Após fazer o upload do código será possível medir a temperatura de objetos e do ambiente. Abra o monitor serial para acompanhar a medidas de temperatura. O dispositivo mostrará a temperatura em uma das três escalas termométricas aqui apresentadas, Celsius, Fahrenheit ou Kelvin, para isso basta pressionar a chave tátil correspondente. A primeira chave exibirá a temperatura em graus Celsius, a segunda em fahrenheit e a terceira em kelvin. Para entender as relações entre as escalas faça o registro (**usar Tabela 6**) da temperatura ambiente nas três escalas:

Tabela 6 - Modelo de tabela para registro dos dados do Capítulo 9.

Escala termométrica	Registro de temperatura
Celsius	
Fahrenheit	
Escala Kelvin	

Fonte: do autor.

A exibição da temperatura ocorrerá no monitor serial, mas caso você queira deixar o dispositivo mais portátil, é possível usar uma bateria como fonte de alimentação, além de um display de LCD. Para uso do LCD é necessário também inclusão da biblioteca `"LiquidCrystal.h"`, além das configurações necessárias para que os valores sejam imprimidos no LCD.

■ Questionamentos e levantamento de hipóteses

Verifique se as temperaturas registradas pelo dispositivo obedecem às relações matemáticas apresentadas nos fundamentos teóricos deste capítulo.

10. Lei Zero da Termodinâmica

A ideia para a criação de uma escala termométrica apoia-se em pressupostos da Lei Zero da termodinâmica, no cerne desta lei encontra-se o significado de equilíbrio térmico, útil na determinação de parâmetros termométricos. A automação no experimento deste capítulo permitirá a verificação da Lei zero.

Objetivos

- ❖ Comparar temperaturas entre corpos.
- ❖ Verificar a Lei zero da Termodinâmica.

Fundamentos Teóricos

“Se dois corpos A e B estão em equilíbrio térmico com um terceiro corpo T, então, estão em equilíbrio térmico um com o outro”

(Halliday, Resnick, & Walker, 1996).

Por ser um conceito fundamental, e naturalmente compreendido pelos cientistas, já com a vigência da Primeira e Segunda Lei da termodinâmica, o princípio foi definido como Lei zero da Termodinâmica.

O equilíbrio térmico entre dois corpos ocorre quando não há mais troca de calor entre eles, o que coincide quando suas temperaturas são equivalentes. Assim um termômetro, quando utilizado para medir a temperatura de uma pessoa, deve ser posto em contato com a pele durante um certo intervalo de tempo até que ocorra equilíbrio térmico entre o termômetro e pele da pessoa, o que será registrado no termômetro será uma temperatura igual à da pessoa.

Montagem

Observe a simplicidade da montagem para realizar as medidas de comparação de temperatura, fixe os dois termômetros (sensores LM35) em uma superfície, local onde os

corpos usados para comparação de suas temperaturas serão colocados. Veja esquema na **Figura 16**.

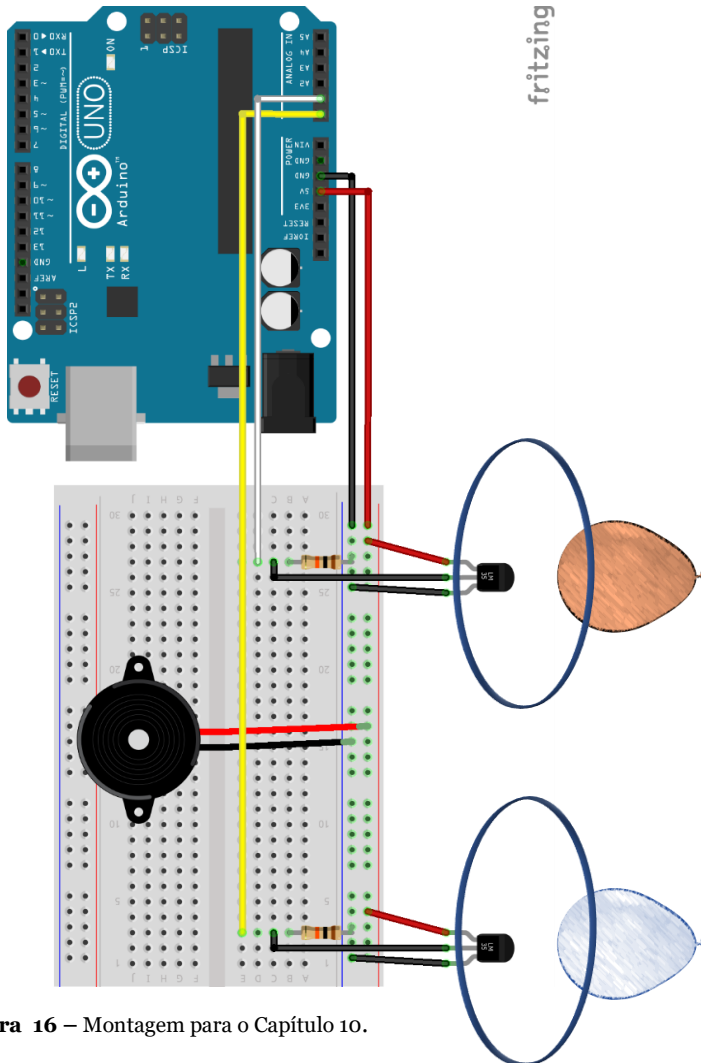


Figura 16 – Montagem para o Capítulo 10.

Fonte: Imagem do autor extraída e editada no Fritzing.

Materiais e componentes:

- 01 Arduino
- 02 LM35
- 02 Resistores $1k\Omega$
- Buzzer
- Protoboard
- Fios jumpers
- Balões com água

Os dois corpos, A (balão azul) e B (balão laranja) por exemplo, devem estar a princípio com temperaturas diferentes, para o estudo do equilíbrio térmico. Use *Jumpers* longos entre os sensores e a *protoboard*, o que facilitará a manipulação e posicionamento.

O código

Abra o o software IDE do Arduino e digite o código a seguir:

```
/*MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA-SBF
 * INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ-IFCE
 * UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ-UVA
 * PRODUTO DESENVOLVIDO POR: OSÉIAS DE SOUSA MOURÃO
 *
 * Programa destinado para estudo do equilibrio térmico entre corpos
 * ou seja a Lei zero da Termodinamica
 */

const int LM35A = A0; // Define o pino que lera a saída do LM35 A
const int LM35B = A1; // Define o pino que lera a saída do LM35 B
float temperaturaA; // Variável que armazenará a temperatura A medida
float temperaturaB; // Variável que armazenará a temperatura B medida
float seno;
const int buzzer = 9;
int frequencia;

void setup() {
  Serial.begin(9600); // inicializa a comunicação serial
  pinMode(9,OUTPUT);
  Serial.println(".....")
  ;
  Serial.println("MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FISICA -
  MNPEF");
  Serial.println("PRODUTO DESENVOLVIDO POR: OSEIAS MOURAO");
```

```
Serial.println(".....");
;
delay(2000); //Pausa de 2 segundos
Serial.println(".....");
;
Serial.println("LEI ZERO DA TERMODINAMICA");
Serial.println(".....");
;
delay(2000); //Pausa de 2 segundos
Serial.println(".....");
;
Serial.println("Determinacao do equilibrio termico entre dois corpos A
e B");
Serial.println(".....");
;
delay(1000); //Pausa de 1 segundos
Serial.println("::POSICIONE OS DOIS CORPOS SOBRE OS TERMOMETROS::");
Serial.println(".....");
;
Serial.println("::AGUARDE A CALIBRAGEM DOS TERMOMETROS::");
delay(10000); //espera para divergencia inicial da temperatura entre
termometros
Serial.println("::TUDO PRONTO! QUANDO OCORRER O EQUILIBRIO TERMICO UM
ALARME SOARA::");
delay(60000);
}

void loop() {

temperaturaA = (float(analogRead(LM35A))*5/(1023))/0.01;
temperaturaB = (float(analogRead(LM35B))*5/(1023))/0.01;
if(abs(temperaturaA - temperaturaB)<= 2 ){
Serial.println("Corpo A em equilíbrio térmico com o corpo B");
for(int x=0;x<180;x++){
seno=(sin(x*3.1416/180));
//gera uma frequência a partir do seno
frequencia = 2000+(int(seno*1000));
tone(buzzer,frequencia);
delay(2);
}
}
else{
noTone(buzzer);
}
}
```

■ Execução e coleta de dados

Separe dois objetos com temperaturas diferente, pode ser dois balões com o mesmo volume de água. Deixe um dos balões por alguns minutos em um refrigerador, o outro à

temperatura ambiente. Quando o código for descarregado no Arduino e o monitor serial for iniciado, o programa solicita que dois corpos A e B sejam posicionados próximos aos termômetros. É importante, agora, colocar os dois balões em um local isolado termicamente do meio externo, um caixa de isopor por exemplo. O objetivo é mostrar quando ocorre o equilíbrio térmico entre os dois corpos. Neste experimento os dois corpos trocarão calor entre si e com a caixa, quando as temperaturas dos corpos forem iguais conclui-se que estarão em equilíbrio térmico, neste momento o *buzzer* emitirá um som de sirene.

■ Questionamentos e levantamento de hipóteses

1. *Em caso da utilização de volumes menores, o tempo para que ocorra o equilíbrio térmico ocorre também é menor?*
2. *Como os dois sensores podem medir temperaturas de forma independente, reflita sobre possíveis aplicações que solucionaria problemas do cotidiano. Apresente sua reflexão ao professor e lembre-se, seu desenvolvimento pode torna-se em um excelente projeto para feiras de ciências.*

11. Primeira e Segunda Lei de Ohm

Compreender a natureza da resistência elétrica em um material é crucial para o desenvolvimento de novos componentes eletrônicos ou mesmo torna-los mais eficientes. Algumas pesquisas sobre esse tema se voltam para a precisão de componentes eletrônicos e sensores. Já outras investigações buscam o desenvolvimento de materiais cerâmicos que não apresentam resistividade elétrica, propriedade que define os supercondutores, importantes para a criação de circuitos que não perdem energia por *efeito Joule*. Neste capítulo será possível compreender um pouco mais sobre a resistência elétrica. Os fundamentos teóricos a serem discutidos referem-se aos esforços do físico alemão George Simon Ohm sobre a condução elétrica.

Objetivos

- ❖ Analisar comportamento dos resistores ôhmicos.
- ❖ Compreender as relações de proporcionalidades entre correntes, tensão e resistência elétrica.

Fundamentos Teóricos

Os estudos de Georg Simon Ohm foram importantes para a compreensão da resistência elétrica nos materiais, que *a priori* tratam-se das dificuldades de movimento, enfrentada pelos elétrons nos condutores, quando submetido a uma diferença de potencial. Cada material apresenta uma resistência distinta

que é calculada pela razão entre a tensão (U) e a corrente elétrica(i) no material:

$$R = \frac{U}{i} \quad (11.1)$$

As unidades de medidas de cada grandeza para tensão, corrente e resistência elétrica, corresponde ao volt(V), ampère(A) e ohm(Ω), respectivamente.

Para alguns materiais, a resistência revela-se constante ao variar até certo limite a tensão elétrica do mesmo. Esse fenômeno é conhecido como a Primeira lei de Ohm, ou seja, quando dizemos que um condutor obedece a Primeira lei de Ohm, entendemos que a resistência do mesmo é constante, consequentemente um gráfico da *Corrente x tensão* para esse resistor apresentam uma certa linearidade.

A Segunda lei de Ohm relaciona as características físicas que determinam a resistência de um condutor:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (11.2)$$

Portanto, a resistividade elétrica (ρ) do tipo de material, a área da seção transversal (A) do condutor e seu comprimento (L) determinam sua resistência elétrica. O conhecimento desta relação é extremamente útil quando for conveniente alterar a resistência elétrica em uma parte de um circuito elétrico. No experimento a seguir usaremos um potenciômetro que ajudará comprovar a segunda lei e um resistor para a primeira.

■ Montagem

Observe a disposição de cada componente na **Figura 17**. Os elementos que serão analisados serão o resistor, que está associado em paralelo com o LED, e o potenciômetro. A análise do resistor consistirá no registro das tensões e da corrente para averiguação da Primeira lei de Ohm. O potenciômetro, tem sua resistência modificada quando alterada a posição angular do seu eixo de rotação. Essa modificação ocorre devido a variação no comprimento do condutor. Nesse caso, o potenciômetro demonstrará aplicabilidade da Segunda lei de Ohm.

Materiais e componentes:

- Arduino
- Fios jumpers
- 2 resistores de 330Ω (laranja-laranja-marrom)
- 01 Potenciômetros $10k\Omega$
- 01 LED
- Multímetro (opcional)

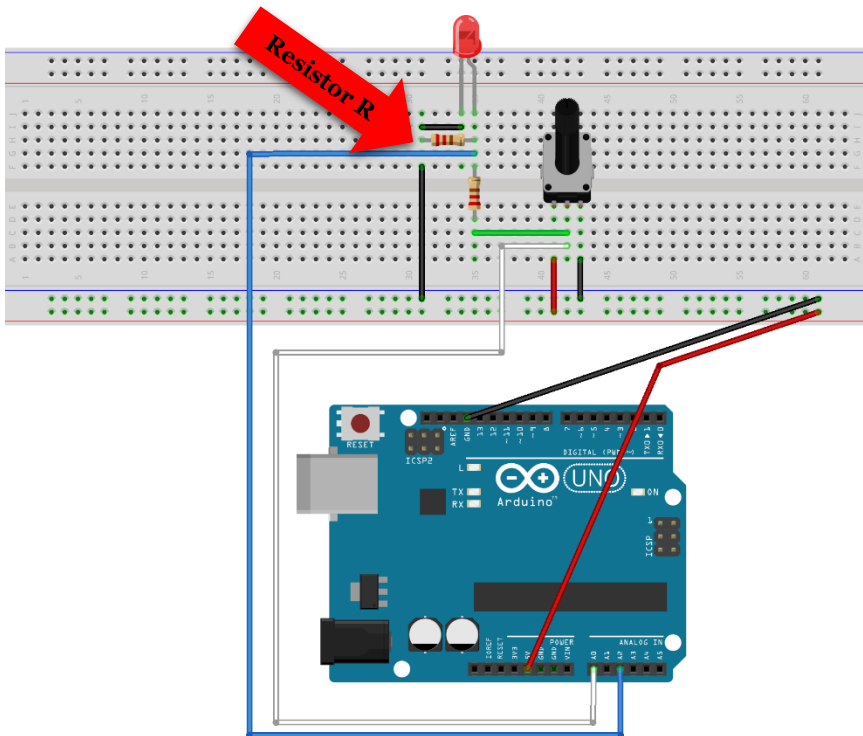


Figura 17 - Esquema de montagem para demonstração da 1ª e 2ª Lei de Ohm.

Fonte: Imagem do autor extraída e editada no Fritzing.

■ O código

Feita a montagem abra o software IDE do Arduino e copie e cole o código a seguir no Software. Uma outra opção é baixar a *sketch* em www.fisicarduino.com e executá-lo em seu computador. Observe os comentários no programa (texto precedido de //), pois contêm informações sobre as funções utilizadas e sugestão de edição no programa para algum ajuste necessário. Por exemplo, a o valor da resistência R na linha 29 deve ser igual a resistência do resistor utilizado, o sugerido é o resistor de 330 Ohm, mas caso seja utilizado um resistor com outro valor, faça a alteração. Para uma maior precisão determine a resistência do resistor R usando o multímetro, e altere o valor no programa (linha 29).

```
/*MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA-SBF
 * INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ-IFCE
 * UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ-UVA
 * PRODUTO DESENVOLVIDO POR: OSÉIAS DE SOUSA MOURÃO
 *
 * Programa destinado para estudo das Leis de Ohm
 */

#define potenPin 0    // define a entrada analógica para o
Potenciômetro
#define voltPin 2     // define a entrada analógica para o resistor
float Rx;             // variável que armazena valor da resistência em
OHM do potenciômetro 0 a 10k
float R0;             // variável que armazena valor da resistência
float corrente;       // variável para armazenar valor da corrente
float voltvalor;      // cria variável para armazenar o valor da tensão
do RESISTOR observado
float potenvalor;     // cria variável para armazenar valor da
resistência 0 a 1023.
float U;
float Ux;

void setup()
{
  Serial.begin(9600); //inicial a serial
  Serial.println(".....")
  ;
  Serial.println("MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FISICA -
  MNPEF");
  Serial.println("PRODUTO DESENVOLVIDO POR: OSEIAS MOURAO");
  Serial.println(".....")
  ;
}
```

```

delay(2000); //Pausa de 2 segundos
Serial.println(".....")
;
Serial.println("PRIMEIRA E SEGUNDA LEI DE OHM");
Serial.println(".....")
;
delay(2000); //Pausa de 2 segundos
Serial.println(".....")
;
R0 = 330; // Você pode editar o valor de R. resistencia em Ohms para
saber o valor exato use um ohmimetro, ou veja o código de cores para
valor aproximado
Serial.println("Medidas para um Resistor de 330");
Serial.println(".....")
;
delay(2000); //Pausa de 2 segundos
}

void loop()
{

voltvalor = analogRead(voltPin); // Lê o valor registrado no resistor e
armazena na variável "voltvalor"
potenvalor = analogRead(potenPin); // Lê o valor registrado no
potenciometro e armazena na variável "potenvalor"
    U = voltvalor/204.6;
    corrente = U/R0; //relação matemática para 1ª lei de Ohm.
    Rx = -((potenvalor/102.3)-10);
    Serial.println(".....");
    Serial.print("Resistencia do potenciometro em quiloohm Rx="); //Imprime
na serial O TEXTO ENTRE ASPAS.
    Serial.println(Rx); //Imprime na serial o valor da resistencia do
potenciometro

    Serial.print("Tensao (em Volts) no Resistor R U= "); //Imprime na
serial "tensão(em volts) = "
    Serial.println(U); //Imprime na serial o valor lido
    Serial.print("Corrente (em Ampere) no Resistor R i= ");

    Serial.println(corrente, 6); //Imprime na serial o valor lido com 6
casas decimais
    Serial.println(".....")
;

    delay(2000); //Aguarda 2 segundos

}

```

■ Execução e coleta de dados

Feito todos os procedimentos conecte seu Arduino ao computador e faça o *upload* do código. Abra o Monitor Serial (ctrl+shift+m) e verifique se os valores são mostrados. Se tudo estiver correto ao findar o upload e iniciar o monitor serial será exibido informações semelhantes a estas:

Quadro 3 - Na interface do monitor serial será exibido os valores da resistência variável do potenciômetro, da tensão e da corrente elétrica no resistor analisado. DICA: pressione as teclas ctrl+shift+m do seu computador para exibir a interface.

```
.....
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF
PRODUTO DESENVOLVIDO POR: OSEIAS MOURÃO
.....
PRIMEIRA E SEGUNDA LEI DE OHM
.....
Medidas para um resistor de 330 ohm
.....
Resistencia do potenciometro em quiloohms Rx=
Tensão (em volts) no resistor R.    U=
Corrente (em ampère) no resistor R. i=
.....
```

fonte: do autor

Os valores que serão exibidos a cada 2 segundos serão: a resistência R_x do potenciômetro em quiloohms($k\Omega$); a tensão U (em volts) no resistor R ; e a corrente i (em ampère) no resistor R , conforme **Quadro 3**

Enquanto o Monitor exibe os valores, gire cuidadosamente o potenciômetro variando sua resistência, partindo do seu mínimo até o máximo. Registre na **tabela 7** a seguir os valores exibidos no monitor. Depois de fixada a posição do potenciômetro, caso as medidas oscilem, anote os valores que mais se repetem, ou para maior precisão, calcule a média aritmética dos valores.

Tabela 7 - Use esta tabela para anotar os dados que serão exibidos no monitor serial.

Ajuste o potenciômetro para estas resistências	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Medidas da tensão (u) para o resistor R									
Medidas da corrente (i) para o resistor R									

Fonte: do autor.

■ Questionamentos e levantamento de hipóteses

1. *Elabore um gráfico $U \times i$ para o Resistor R e verifique se a 1ª lei de Ohm é satisfeita. Explique.*
2. *Observe que a rotação do eixo do potenciômetro implica na variação da tensão e da corrente do resistor R . As verificações dos valores dessas grandezas podem ser autenticadas com o uso de um multímetro, ou simplesmente percebendo a variação da intensidade luminosa do LED. Portanto, porque a variação da posição angular do eixo de rotação do potenciômetro causa alterações na tensão do resistor R ?*
3. *Apresente uma proposta para um projeto de ciência em que se possa aplicar conhecimentos sobre resistência elétrica.*

12. Fotorresistividade de um semicondutor

Como vimos no capítulo anterior, cada tipo de material pode oferecer certa dificuldade a passagem da corrente elétrica, isso caracteriza a grandeza Física denominada de resistência elétrica. Sabendo que as dimensões e resistividade de um material condutor são preponderantes no valor da resistência, alguns componentes foram desenhados permitindo variações em características específicas, como nas dimensões, no caso de um potenciômetro, ou na resistividade como ocorre nos termistores, varistores e fotorresistores. Normalmente a aplicação destes componentes está relacionada a algum tipo de sensoriamento. Será descrito a seguir o funcionamento de um tipo de fotorresistor e como a intensidade de luz poderá afetá-lo.

Objetivos

- ❖ Verificar propriedades fotorresistivas de um semicondutor
- ❖ Fortalecer o conhecimento sobre resistência elétrica;
- ❖ Analisar relações de proporcionalidade entre medidas.

■ Fundamentos Teóricos

Um resistor dependente de luz (do inglês LDR) é constituído basicamente de um material semicondutor cuja resistência é determinada pela intensidade da luz incidente. O LDR apresenta uma resistência elétrica mínima quando exposto a uma alta intensidade luminosa e uma

resistência elétrica máxima na ausência de luz. A resistência de um LDR é alterada em função da variação da resistividade do material semicondutor que o constitui, a explicação fundamental para essa alteração é o efeito fotoelétrico que consiste na emissão

de elétrons em um metal, quando exposto a certas frequências de luz. No LDR os elétrons não chegam a ser emitidos do material, mas a energia dos fótons de luz é suficiente para que os elétrons saiam da banda de valência para a banda de condução, o que implica na diminuição da resistência elétrica do material; ou seja, quanto maior a intensidade de luz menor será a resistência do material.

■ Montagem

Faça as conexões dos componentes conforme são descritas na montagem. As Conexões entre as duas *protoboards* devem ser feitas com fio de aproximadamente 20 cm, para que seja possível a variação da distância entre o LED e o LDR.

Observe que o LDR e o resistor estão em série e na divisão de tensão relacionada a um dos terminais do LDR é inserido um condutor conectado a porta analógica zero (A0) do Arduino (**Figura 18**). Essa porta receberá os valores referentes a tensão elétrica entre os terminais do LDR. Os valores indicam a medida da intensidade luminosa incidente sobre o LDR. Ao preparar a montagem é importante que o dispositivo fique em um local escuro, onde a luz mais intensa seja a do LED.

Materiais e componentes:

- LDR
- LED
- Resistor 10k Ω
- Resistor 330 Ω
- Arduino
- 02 Protoboard
- Jumpers
- Régua ou trena

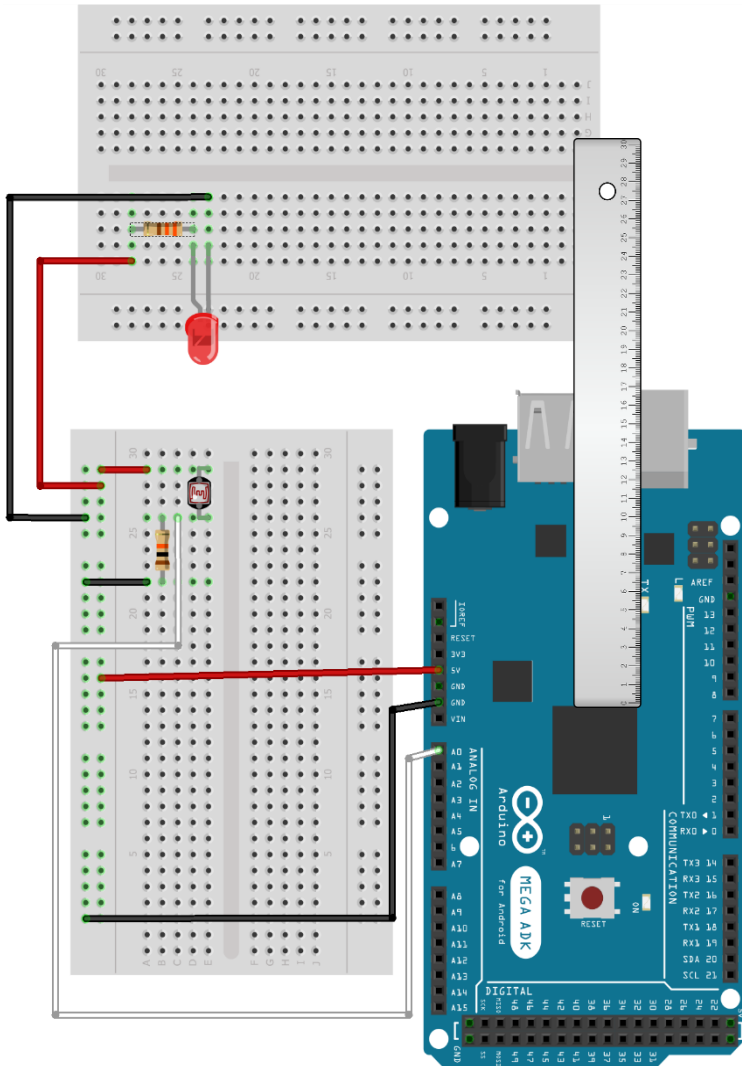


Figura 18 - Esquema montagem circuito resistência variável com LDR. Posicione o LDR e o LED frente à frente e varie a distância entre ambos conforme indicação da tabela 8.

Fonte: Imagem do autor extraída e editada no Fritzing.

■ O código

Abra o software IDE do Arduino e digite o código a seguir:

```
/*MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA-SBF
 * INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ-IFCE
 * UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ-UVA
 * PRODUTO DESENVOLVIDO POR: OSÉIAS DE SOUSA MOURÃO
 *
 * Programa destinado para estudo da fotorresistividade de um
semicondutor.
 * O programa permite perceber a variação da resistência elétrica em
materiais
 * semicondutores quando variada a intensidade luminosa.
 * utiliza-se no Arduino um LDR e LED para verificar essa variação.
 */

int ldrPin = 0; // indica que o LDR deve esta no pino analógico 0
int ldrValor = 0; // armazena medidas do LDR

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

  digitalWrite(13,LOW);
  Serial.println(".....")
  ;
  Serial.println("MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FISICA -
MNPEF");
  Serial.println("PRODUTO DESENVOLVIDO POR: OSEIAS MOURAO");
  Serial.println(".....")
  ;
  delay(2000); //Pausa de 2 segundos
  Serial.println(".....")
  ;
  Serial.println("FOTORRESISTIVIDADE DE UM SEMICONDUTOR");
  Serial.println(".....")
  ;
  delay(2000); //Pausa de 2 segundos
  Serial.println("::INICIE O EXPERIMENTO::");
  Serial.println(".....")
  ;
  delay(1000); //Pausa de 1 segundos
  digitalWrite(13,HIGH);
}

void loop() {
  ldrValor = analogRead(ldrPin); // lê o valor do LDR
  delay(1000); // tempo de espera de 1 segundo
  Serial.println(ldrValor);
}
```

De acordo com a programação definimos a variável `ldrValor` para armazenar a medida vinculada à resistência, vinculada porque não é literalmente a medida da resistência. O valor lido na porta analógica expressa a tensão elétrica entre os terminais do LDR explicitado de 0 a 1023 (0 a 5 volts). Para entender melhor essa relação veja o capítulo 1 na seção sobre a resolução do conversor analógico-digital do Arduino. O comando `Serial.println` imprimirá o valor do LDR no Monitor Serial, cuja medida será proporcional à resistência elétrica do mesmo.

■ Execução e coleta de dados

Feito todos os procedimentos conecte seu Arduino ao computador e faça o *upload* do código. Abra o Monitor Serial (ctrl+shift+m) e verifique se os valores são mostrados. Se tudo estiver correto a cada 1 segundo o valor do LDR será atualizado em uma nova linha.

Posicione as *protoboards* de tal forma que o LDR e o LED fiquem sempre alinhados e anote os valores do LDR registrados no Monitor Serial para cada distância que você escolheu, conforme **Tabela 8**:

Tabela 8 - Modelo de tabela para registro dos dados do Capítulo 12

REGISTROS	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
DISTÂNCIAS ENTRE LDR E LED										
VALORES DO LDR (Ver monitor serial)										
MÉDIA										

Nota. As distâncias devem ser determinadas pelo professor. Para facilitar a análise é importante adotar distâncias de até 2 metros.

Fonte: do autor.

■ Questionamentos e levantamento de hipóteses

1. *Elabore um gráfico com os dados coletados relacionando os valores do LDR com a distância do LED.*
2. *Você deve ter verificado que a resistência do LDR (valores do LDR) mudou com a variação da intensidade da luz ao mover o LED. Qual a relação de proporcionalidade entre a intensidade da luz e a resistência do LDR?*
3. *Refleta sobre possíveis aplicações no dia-a-dia usando esse recurso da variação da resistência elétrica em um circuito baseado na variação da intensidade luminosa. Levante novas hipótese. Comente a respeito e, se possível, crie com a ajuda do seu professor algum projeto de pesquisa; podendo inclusive expor suas descobertas ou propostas de intervenção em eventos públicos, como em feiras de ciências por exemplo.*

Orientações Didáticas

A partir de experiências pedagógicas obtidas em aulas de Robótica Educacional ministradas aos alunos da escola de Ensino Médio Liceu de Tianguá José Ni Moreira⁷, notou-se a conveniência da motivação no processo de ensino. Como um elemento propulsor constante, a motivação sempre exige uso de ferramentas que suportem esse elemento. Notou-se, a princípio, que o uso constante de interfaces eletrônicas na montagem de projetos despertava a curiosidade, impelindo os alunos a concretizarem suas tarefas. O caráter livre da condução das atividades foi um fator preponderante, uma vez que o manuseio dos equipamentos eletrônicos, os testes com sensores e atuadores exigiam certa liberdade.

As experiências foram inspiradoras na formatação deste Produto Educacional, produto este, que usa os mesmos elementos das aulas de robótica da referida escola, no entanto, adaptados à construção e reconfiguração de experimentos de Física. Será apreciado neste recurso a implementação em sala de aula dos experimentos automatizados, os aspectos estruturais do produto e orientações pertinentes à aplicação.

Antes de prosseguirmos é importante advertir sobre a natureza desta seção, que consiste essencialmente em um texto descritivo sobre condições, orientações e aplicabilidade dos experimentos. A natureza dos experimentos deste produto harmoniza-se muito bem com concepções pedagógicas pragmáticas. Não ocorrendo, portanto, inovação teórica no campo da educação, a não ser na automatização de práticas de conteúdos de Física.

Cada capítulo do Produto Educacional começa com uma introdução contextualizando o tema de Física com situações do

⁷ Escola pública da rede estadual de Educação do Estado do Ceará, localizada na cidade de Tianguá, na região norte do Estado.

cotidiano ou enfatizando o tema que será abordado. Após a introdução, os fundamentos teóricos de Física, relacionados à temática do capítulo, são apresentados. Essas partes dos Capítulos servem de subsídio à aula do professor. É importante que o professor reforce tais fundamentos, antes da execução da atividade.

Um quadro, posterior à introdução do capítulo, contém os objetivos que poderão ser atingidos no desenvolvimento das atividades. O propósito é promover orientação ao plano de aula do professor, ou simplesmente permitir que o professor verifique se há consonância com um plano de ensino já estabelecido.

Na fundamentação é considerado apenas os conceitos e princípios mais relevantes, essenciais à compreensão do tema. Ainda sobre os aspectos da teoria, as fórmulas exibidas neste ponto são apresentadas com o objetivo de permitir que o aluno desenvolva a capacidade de relacionar as grandezas físicas de forma conveniente. Esta etapa, proporciona ao aluno o domínio expressivo do conteúdo; para o professor, proporciona um plano imediato, complementar a sua prática. As expressões matemáticas contidas nesta etapa também são relevantes, ao professor ou aluno que queira apropriar-se dos conteúdos dos *sketches*, a fim de editá-los, no ensejo de alterar algum parâmetro experimental. Logo, compreender os códigos contidos nos *sketches* para possíveis alterações posteriores da atividade exige entendimento matemático das fórmulas apresentadas.

Antes das orientações sobre a montagem, é listado os materiais e componentes necessários. A placa Arduino UNO, *protoboard*, e *jumpers* para a conexão entre os pinos são comuns a todos os experimentos. Durante a montagem é importante recorrer a essa lista para verificar as características dos componentes, como exemplo, o valor da resistência de um resistor ou qual tipo de transistor.

A etapa de montagem do experimento exige bastante atenção do professor ou do aluno. Por isso a seção referente à montagem contém instruções essenciais, além da figura desenvolvida apropriadamente ao experimento, através do

software *Fritzing*. A figura representa uma montagem experimental atestada durante o desenvolvimento do produto. Obviamente, a montagem deve ser executada fielmente para sucesso do experimento, entretanto, com prática e conhecimento das funcionalidades da *protoboard* é possível realizar montagens diferentes para o mesmo experimento, no caso de melhorias ou para obtenção de novos dados experimentais da atividade.

O código é exibido no Produto Educacional, permitindo que o professor faça uso livre do mesmo. Quando toda a montagem for feita resta enviar o programa para o Arduino, cujo código pode ser copiado para um novo *sketch*. Para facilitar esse processo o código é apresentado como o conteúdo de uma tabela. E como mais uma forma de acesso, minimizando possíveis problemas de formatação do texto do código no ato de copiar e colar, o *sketch* referente aos experimentos poderá ser baixado em *fisicarduino.com*, site de divulgação do Produto Educacional.

A etapa de Execução e Coleta de Dados, consiste em instruir quanto à interação do usuário (professor/alunos) com o programa e dispositivos associados ao Arduino. Há, por exemplo, experimentos que necessitam de calibração prévia, logo essa etapa cuida em fornecer informações necessárias para a calibração. Nessa mesma etapa do Produto há uma seção para coleta de dados, que especifica como e o que deve ser coletado no experimento. Normalmente os sensores usados gerarão dados que serão exibidos no monitor serial do Software do Arduino. Esses dados deverão ser anotados conforme orientação dessa seção.

Em um primeiro momento os experimentos afiguram-se inflexíveis, porém, é importante perceber que as automatizações presentes em todos os experimentos, o código disponível, os dados iniciais obtidos, além dos questionamentos apresentados no fim de cada capítulo possibilitam novas abordagens mediadas pelo professor. Na etapa final do capítulo há questionamentos específicos que ajudam a fixar o conhecimento sobre os fundamentos teóricos, e questionamentos divergentes, que induzem o estudante a um pensamento livre e intervencionista.

Certamente, fazendo uso das diversas ferramentas que compreendem as atividades, o aluno pode desenvolver novas investigações.

Recomenda-se que durante a aplicação, o professor siga a sequência estabelecida: fundamentação teórica e Objetivos, lista de materiais e componentes, montagem do experimento, o código, execução e coletas de dados, e questionamentos e levantamento de hipóteses. O tempo necessário para as atividades é de aproximadamente 90 minutos para o capítulo 1, momento em que há instrução sobre as funcionalidades e aplicações do Arduino. Posteriormente, aplica-se a atividade mais conveniente para o professor e alunos. Com o material em disponibilidade, e um número reduzido de alunos, até 5 por atividade, o tempo de execução será também de 90 minutos, que corresponde aproximadamente à carga horária semanal mínima da disciplina de Física. Para a solução dos Questionamentos & levantamento de hipóteses o professor deverá estipular um prazo maior, marcando um terceiro encontro, ocasião em que será apresentado os resultados, dúvidas e propostas de ações intervencionistas.

É importante que o professor sempre estimule seus alunos a proporem alguma ação intervencionista baseada no que compreenderam.

Principais Resultados para os Experimentos

A automação do experimento do Capítulo 2, que trata sobre o **Movimento Uniforme** exibirá dois intervalos de tempo, cujos valores devem ser quase idênticos, indicando um movimento uniforme, todavia, os dois valores podem divergir com outros valores do mesmo experimento em condições diferentes, ou seja, a resistência ao movimento é difícil de controlar, seja pelas características do móvel ou do trilho utilizado. Entretanto, se os procedimentos de montagem e

programação foram obedecidos, as velocidades, que devem ser calculadas na questão 1 do experimento, devem ser aproximadamente iguais. Se isso ocorrer, conclui-se que a montagem está correta e o professor com seus alunos terão um dispositivo para análise de Movimento Uniforme.

Com a mesma montagem do Capítulo 2, o Capítulo 3, que trata do Movimento Uniformemente variado, deverá informar, com a automação, duas velocidades diferentes, o que permitirá ao aluno, através da equação de Torricelli, calcular a aceleração do móvel.

O Capítulo 4, ainda com a mesma montagem (Arduino e seus componentes) dos capítulos anteriores, tem seus sensores dispostos verticalmente para medida da aceleração da gravidade. Neste experimento espera-se que o professor e seus alunos encontrem medidas próximas de 10m/s^2 . Entretanto, em laboratório, os testes revelaram valores médios de 13 m/s^2 . Erro que, hipoteticamente, pode ser suprimido na reformulação da atividade, aumentando as distâncias entre os sensores, implicando em maior precisão no experimento.

Os questionamentos no Capítulo 5 – Movimento Circular Uniforme – suscitam respostas calculadas a partir do número de voltas realizadas por segundo, pelo objeto em rotação. Logo, para cada implementação desse capítulo haverá uma medida, que dependerá das características do objeto utilizado; no mesmo capítulo sugere-se o uso de uma parafusadeira ou furadeira. Em testes realizados em laboratórios com os alunos, foi usado uma furadeira da marca *Mondial*, modelo *Power tool*, cuja rotação máxima por minuto é de 2800 RPM (Rotações Por Minuto). Foram obtidos, no experimento, resultados plausíveis. A automação com Arduino contou aproximadamente 39 voltas por segundo, ou seja, 39 rad/s ou 2340 RPM.

A automação do Capítulo 6 exibirá o peso de objeto de até 200g na superfície de alguns corpos celestes do sistema solar. Os valores exibidos são aproximados tomando o peso na terra como referência, além de admitir o valor $g=10\text{m/s}^2$ para a aceleração da gravidade na superfície terrestre. Logo poderá haver diferença

nos cálculos da gravidade em comparação com os valores já conhecidos. Reiterando, os valores exibidos no monitor serial do Arduino dependerão do valor da massa escolhida pelo professor ou aluno.

No Capítulo 7, onde é estudado a Lei de Hooke, os valores exibidos para a força deverão ser característicos de cada experimento. A deformação na mola do dinamômetro não é fixa para todos os dinamômetros, portanto a constante elástica da mola é única para cada tipo de dinamômetro. Porém, se espera que ao verificar a lei de Hooke, a mola apresente a mesma constante para mais de um par, força *versus* deformação.

Os valores imprimidos no monitor Serial no Capítulo 8, que aborda o Empuxo, são prefixados, ou seja, será exibido apenas os valores determinados na **Tabela 9**. Logo, os valores são aproximações, pois o dispositivo determina o empuxo sob o objeto com uma resolução de 0,33 newtons, dentro do intervalo de 0 a 2 newtons.

Tabela 9 - Valores fixados para exibição no monitor serial (Capítulo 8).

Volume deslocado (ml)	Empuxo (N)
33	0,33
66	0,65
100	0,98
133	1,30
166	1,63
200	1,98

Fonte: do autor

Com estas informações prefixadas a resposta do questionamento 1, desse Capítulo, dever ser aproximadamente 1,0 kg/litro.

Os Capítulos 9 e 10 apresentam um dispositivo de aferição de temperatura, portanto, será útil em diversas atividades que necessitem de monitoramento de temperatura, nas principais escalas, dentro dos limites de temperatura

estabelecidos pelos sensores, normalmente de -55 a 125°C . As repostas aos questionamentos desses capítulos são bem subjetivas e pessoais, conforme orientações do plano de aula do professor, que decidirá com seus alunos o que medirão.

No Capítulo 11 é abordado a primeira e a segunda Lei de Ohm. Os questionamentos no final do capítulo iniciam com a sugestão para elaboração de um gráfico da Tensão *versus* a corrente elétrica para o resistor R, em análise.

Na atividade há a sugestão de ajustar a tensão elétrica sobre o resistor R, com o potenciômetro, variando sua resistência de 1 a 9 k Ω . Seguindo essa sugestão é possível encontrar valores próximos ao exibido na **Tabela 10**, cujas medidas são reais, coletadas por uma dupla de alunos envolvidos na atividade.

Entretanto para verificação da Primeira Lei de Ohm é possível ajustar a tensão para qualquer valor, até o limite do dispositivo, que nos teste revelou-se ser de 2 volts.

Tabela 10 - Medidas obtidas por um aluno (Capítulo 11)

Tensão elétrica (V)	Corrente elétrica (A)
0,24	0,000914
0,49	0,001884
0,75	0,002854
1,01	0,003843
1,25	0,004757
1,49	0,005690
1,76	0,006716

Fonte: do autor

A plotagem dos dados referente a **Tabela 10** apresenta a linearidade esperada para um resistor ôhmico, conforme roga a primeira Lei de Ohm. Vejamos no **Gráfico 1**.

A análise da Segunda Lei de Ohm é mais subjetiva, nessa atividade, onde o aluno deve expor sua compreensão sobre a relação da mudança de tensão provocada pela variação da posição angular do eixo de rotação do potenciômetro.

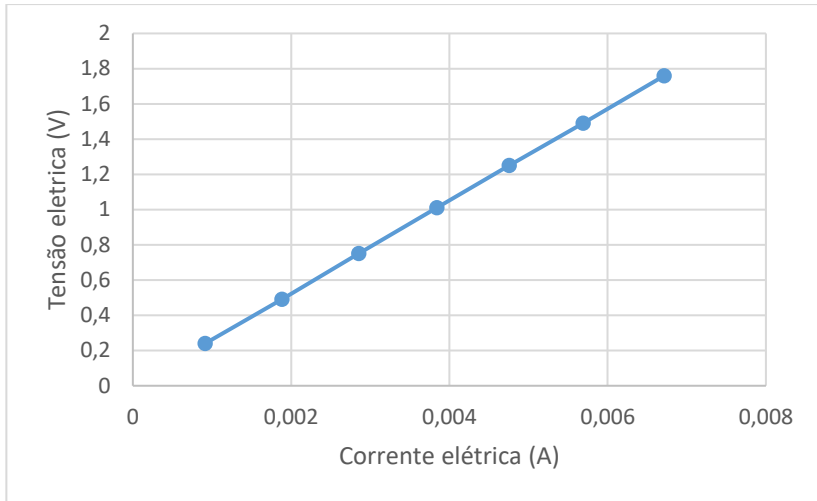


Gráfico 1 - Relação entre tensão e corrente elétrica para o resistor R da atividade do Capítulo 11 do Produto Educacional. A partir dos dados coletados de uma dupla participante dos testes do produto.

Fonte: do autor.

As atividades do Produto Educacional encerram-se no Capítulo 12, com um experimento de fotorresistividade, aproveitando a compreensão obtida no Capítulo 11 sobre resistividade. Os valores exibidos não são prefixados, e dependerão das condições de montagem, luminosidade do ambiente e potência do LED.

Testes feitos para cinco distâncias arbitrárias entre a fonte de luz e o LDR forneceram a relação gráfica para os níveis de luminosidade e distancia da fonte, vejamos no **Gráfico 2**.

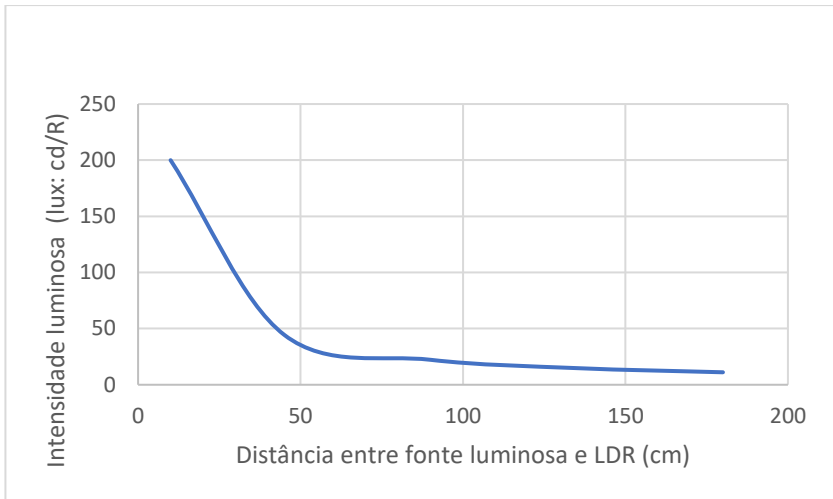


Gráfico 2 - Relação entre o nível de luminosidade e a distância entre a fonte luminosa e o LDR. As distâncias consideradas foram, 10, 45, 90, 135 e 180 cm. A partir de dados coletados por equipes de alunos do 3º ano do Ensino Médio. O parâmetro para a intensidade luminosa foi o especificado pelo fabricante do LED com medida de 20 cd.

Fonte: do autor.

Códigos de erros recorrentes

Os códigos contidos neste produto educacional foram todos testados, logo os problemas que podem ocorrer são erros durante a cópia, caso se esqueça de selecionar parte do código, um dos mais recorrente são estes:

```
stray '\240' in program
```

Ocorre em algumas versões do software ao copiar e colar um *sketch*. A correção exige a identificação da linha com erro e digitação da linha, a fim de suprimir possível incompatibilidade de formatação do texto.

```
expected ';' before '}' token:
```

Erro devido à falta de ponto e vírgula, para correção apenas digite “;”.

```
was not declared in this scope
```

Ocorre quando alguma variável não for declarada. Veja que o erro é informado no momento da verificação do sketch (**Figura 19**).

Para corrigir esse tipo de erro, simplesmente localize a variável e a declare especificando o tipo.

Eis a correção do problema apresentado na figura 19:

```
int valor;
```

A correção consistiu em inserir o tipo de variável e o caractere “;”.

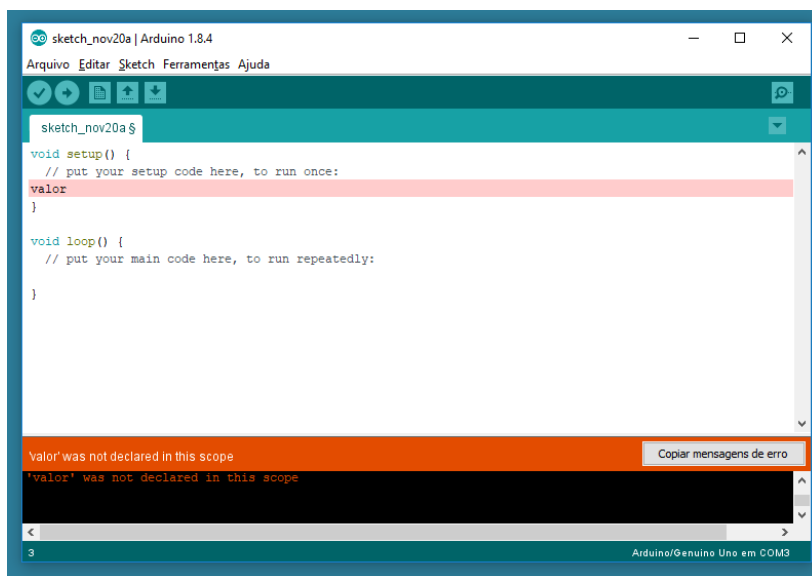


Figura 19 - observe um exemplo de erro de edição, a não declaração de uma variável.

Fonte: do autor

■ Para outros erros, consulte a documentação no site oficial Arduino

- Resolução de problemas:
<https://www.arduino.cc/en/Guide/Troubleshooting>
- Perguntas frequentes:
<https://www.arduino.cc/en/Main/FAQ>

Bibliografia

BALDO, D. A., et al. Aparato educacional para estudo da queda livre com análise do movimento. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, 33, pp. 1064-1078, 2016.

CAVALCANTE, M. A., TAVOLARO, C. R., & MOLISANI, E.. Física com Arduino para iniciantes. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 33, p. 9pp, 2011.

GOYA, A.; HALABI, S. E. **Trilho Multifuncional para Ensino de Mecânica**. Disponível em: <<http://www.uel.br/ccb/biologiageral/eventos/erebio/painel/T170.pdf>>. Acesso em: 29 de Jan. 2018.

HALLIDAY, D., RESNICK, R., & WALKER, J. (1996). **Fundamentos de Física** (4^a ed., Vol. 2). Rio de Janeiro, RJ: LTC, 1996.

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

MONK, S. **30 Projetos com Arduino** (2 ed.). Porto Alegre: Bookman, 2014.