

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

LEONARDO BORDIGNON SLUZALA

**ESTADO DA ARTE DA UTILIZAÇÃO DO ARDUINO
EM FÍSICA NO ENSINO MÉDIO**

Maringá
2017

LEONARDO BORDIGNON SLUZALA

**ESTADO DA ARTE DA UTILIZAÇÃO DO ARDUINO
EM FÍSICA NO ENSINO MÉDIO**

Monografia apresentada ao Departamento de Física da Universidade Estadual de Maringá como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Carvalhais Gomes

Maringá
2017

LEONARDO BORDIGNON SLUZALA

**ESTADO DA ARTE DA UTILIZAÇÃO DO ARDUINO
EM FÍSICA NO ENSINO MÉDIO**

Monografia apresentada ao Departamento de Física da Universidade Estadual de Maringá como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Física.

Aprovado em: 20 de janeiro de 2017

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Luciano Carvalhais Gomes
Universidade Estadual de Maringá

Prof.^a Msc. Ana Paula Giacomassi Luciano
Universidade Estadual de Maringá

Prof.^a Msc. Alice Sizuko Iramina
Universidade Estadual de Maringá

Dedico este trabalho à minha família, especialmente ao meu pai, à minha mãe e ao meu irmão, que deram todo o suporte para que eu pudesse concluir essa graduação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço:

Primeiramente à minha família – minha mãe, Lilian, meu pai, Mário, meu irmão, Eduardo, meus avós maternos, Nilva e Adanir, avós paternos, Therezinha e João, meus tios, Sandro, Graciela e Alessandro, e primos, Sandro Júnior e Gustavo – por todo o apoio que sempre me deram nas boas decisões da minha vida.

Ao meu orientador, professor Luciano, que também é Coordenador de Área de Gestão de Processos Educacionais do PIBID, e muito contribuiu na minha formação como licenciando e futuro professor por meio das diversas discussões sobre educação e Ensino de Física.

À professora Alice, pela oportunidade do meu ingresso e permanência como bolsista de iniciação à docência no subprojeto Física UEM – Sede por mais de três anos.

Aos professores Ana Paula, Arquimedes e Breno que me deram a chance de conhecer o mundo do hardware livre por meio do Arduino e dos softwares e sistemas operacionais livres.

Aos meus amigos e colegas de sala Shaini e Giorgio pela companhia e ajuda ao longo do curso nestes árduos quatro anos e ao meu amigo de longa data, Lucas, que me auxiliou a superar várias dificuldades ao escrever essa monografia.

RESUMO

Desde a invenção e popularização do computador, em um momento chamado revolução digital, a sociedade mudou a maneira de como se produz, armazena, distribui e consome absolutamente tudo. A escola, por estar inserida dentro da sociedade, também está sujeita a estas modificações. O propósito principal desta monografia é investigar as produções acadêmicas que tratem do tema da utilização do Arduino na disciplina de física no Ensino Médio, reuni-las, classificá-las e estudar o cenário que suscitou nas pesquisas nesta área. Este trabalho apresenta uma breve discussão da trajetória da introdução do computador no Ensino nos Estados Unidos, França e Brasil, com foco nos projetos LOGO, EDUCOM e PROINFO. Descreve o que seria um software livre, qual a sua história e sob quais licenças ele está submetido. Apresenta-se a plataforma Arduino, placa de prototipagem eletrônica, e suas potencialidades para o Ensino de Física. É realizado um mapeamento dos principais artigos publicados em revistas, trabalhos de eventos e dissertações que tratem do tema da aplicação do Arduino no Ensino de Física, são discutidas as formas como cada trabalho se desenvolveu, os rumos que estes trabalhos tendem a tomar como pesquisas e a motivação por trás do crescente número de publicações deste tipo, especialmente no Brasil.

Palavras-chave: Estado da Arte. Arduino. Ensino de Física. Software Livre. Tecnologias da Informação e Comunicação.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 — Criança manipulando o computador por meio da linguagem LOGO.....	18
Figura 2 — Logotipo do Projeto GNU.....	27
Figura 3 — Arduino/Genuino UNO R3.....	28
Figura 4 — Arduino IDE na versão 1.0.5.....	29
Figura 5 — Severino, clone brasileiro do Arduino.....	30
Figura 6 — Marminino, clone brasileiro do Arduino.....	31

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 — Principais informações dos artigos científicos analisados.....	36
Quadro 2 — Principais informações das publicações em eventos analisadas.....	48
Quadro 3 — Principais informações das dissertações analisadas.....	58
Quadro 4 — Informações sobre a origem, metodologia e aplicação dos artigos mapeados.....	72
Quadro 5 — Informações sobre a origem, metodologia e aplicação das publicações em eventos mapeadas.....	75
Quadro 6 — Informações sobre a origem, metodologia e aplicação das teses e dissertações mapeadas.....	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
CAI	<i>Computer Aided Instruction</i>
IAC	Instrução Auxiliada por Computador
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
EAO	<i>Enseignement Assisté par Ordinateur</i>
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
UFSCar	Universidade Federal de São Carlos
CONTECE	Conferência Nacional de Tecnologia em Educação Aplicada ao Ensino Superior
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
NIED	Núcleo de Informática Aplicada à Educação
SEI	Secretaria Especial de Informática
MEC	Ministério da Educação
UFBA	Universidade Federal da Bahia
CFE	Conselho Federal de Educação
INEP	Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
CENIFOR	Centro de Informática do MEC
USB	<i>Universal Serial Bus</i> (Barramento Serial Universal)
ICSP	<i>In-Circuit Serial Programming</i>
GNU	<i>GNU is Not Unix</i>
COMUT	Comutação Bibliográfica
SNEF	Simpósio Nacional de Ensino de Física
EPEF	Encontro de Pesquisa em Ensino de Física
LED	<i>Light Emitting Diode</i> (Diodo Emissor de Luz)

RGB	<i>Red, Green and Blue</i> (Vermelho, Verde e Azul)
PIBID	Programa Nacional de Bolsas de Iniciação à Docência
EDUCIN	Grupo de Pesquisa em Educação em Ciências e Matemática
PUC	Pontifícia Universidade Católica
PC	<i>Personal Computer</i> (Computador Pessoal)
NTC	<i>Negative Temperature Coefficient</i> (Coeficiente de Temperatura Negativo)
LDR	<i>Light Dependent Resistor</i> (Resistor Dependente de Luz)

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	13
1.1.PROBLEMA DE PESQUISA.....	14
1.2.OBJETIVOS.....	14
1.2.1.Objetivos específicos.....	14
1.3.JUSTIFICATIVA.....	15
2.HISTÓRICO DAS TECNOLOGIAS EDUCACIONAIS.....	16
2.1.O SURGIMENTO DO COMPUTADOR NA EDUCAÇÃO ESTADUNIDENSE..	16
2.2.O SURGIMENTO DO COMPUTADOR NA EDUCAÇÃO FRANCESA.....	19
2.3.O SURGIMENTO DO COMPUTADOR NA EDUCAÇÃO BRASILEIRA.....	20
2.3.1.O Projeto LOGO da Unicamp.....	20
2.3.2.A criação do EDUCOM.....	22
2.3.3.A iniciativa do PROINFO.....	23
3.SOFTWARE LIVRE E ARDUINO.....	26
3.1.O QUE É SOFTWARE LIVRE?.....	26
3.2.O QUE É ARDUINO?.....	28
4.METODOLOGIA DA PESQUISA.....	32
4.1.ESTADO DA ARTE.....	32
4.2.MAPEAMENTO.....	34
5.PUBLICAÇÕES ANALISADAS.....	36
5.1.ARTIGOS EM REVISTAS CIENTÍFICAS.....	36
5.1.1.Observando as marés atmosféricas: Uma aplicação da placa Arduino com sensores de pressão barométrica e temperatura.....	38
5.1.2.Controle Remoto: Princípio de funcionamento (parte 1 de 2).....	39
5.1.3.Controle Remoto: Princípio de funcionamento (parte 2 de 2).....	39
5.1.4.Ilustração de incertezas em medidas utilizando experimentos de queda livre.....	40
5.1.5.Medida de g com a placa Arduino em um experimento simples de queda livre.....	40
5.1.6.Experimento de condução térmica com e sem uso de sensores e Arduino	41
5.1.7.Using an Arduino Seismograph to Raise Awareness of Earthquake Hazard Through a Multidisciplinary Approach.....	42
5.1.8.Estações meteorológicas de código aberto: Um projeto de pesquisa e desenvolvimento tecnológico.....	43
5.1.9.Low-cost educational robotics applied to physics teaching in Brazil.....	44

5.1.10. An Experiment on Projectile Motion.....	45
5.1.11. Maquete didática de um sistema trifásico de corrente alternada com Arduino: ensinando sobre a rede elétrica.....	46
5.2. PUBLICAÇÕES EM EVENTOS.....	47
5.2.1. Medindo distâncias com Arduino.....	50
5.2.2. As marés atmosféricas: uma abordagem para o ensino médio a partir de uma atividade experimental investigativa.....	51
5.2.3. Potencialidades do Arduino na Aprendizagem por Projetos.....	52
5.2.4. Development of an exploration land robot using low-cost and Open Source platforms for educational purposes.....	52
5.2.5. Avaliação do módulo da aceleração da gravidade local com Arduino	53
5.2.6. Arduino e ferramentas da web 2.0 no ensino de física: um exemplo de aplicação em aulas de óptica.....	54
5.2.7. A placa Arduino com ethernet shield e experiências de física realizadas remotamente via rede internet.....	55
5.2.8. Ensinando física das radiações com um contador Geiger baseado em plataforma Arduino.....	55
5.2.9. Utilização de sensores de temperatura e da placa Arduino como alternativa para um experimento de condução térmica.....	56
5.2.10. Novas tecnologias no ensino de física para o estudo das cores: o uso do Scratch for Arduino e Tracker.....	57
5.3. DISSERTAÇÕES.....	57
5.3.1. Variações diurnas na pressão atmosférica: um estudo investigativo baseado na utilização da placa Arduino.....	60
5.3.2. Construção e interpretação de gráficos da cinemática: uma proposta para o ensino médio politécnico.....	61
5.3.3. Arduino Science Kits: Plataforma Open-Hardware para práticas laboratoriais no ensino de Ciências Experimentais.....	63
5.3.4. Experimentos de baixo custo para o ensino de Física em Nível Médio usando a placa Arduino-UNO.....	64
5.3.5. A utilização da robótica educacional com a plataforma Arduino: uma contribuição para o ensino de Física.....	66
5.3.6. Arduino como uma ferramenta mediadora no ensino de Física.....	68
5.3.7. Arduino: Uma ferramenta para a aquisição de dados, controle e automação de experimentos de óptica em laboratório didático de física no Ensino Médio.....	69
6. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	72
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	80
REFERÊNCIAS.....	82

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das tecnologias da informação e comunicação chegou a um ponto tão elevado desde a virada do século que a indagação se essas tecnologias devem ou não ser inseridas no meio escolar não é mais uma preocupação. De fato, desde a década de 80, educadores consideram que, inevitavelmente, a informática atingiria a educação e a escola, assim como ela atingiu a sociedade no seu todo (MONTEIRO & REZENDE, 1993 apud REZENDE, 2003). No entanto, muitos professores que tentam fazer uso dessa nova ferramenta falham ao simplesmente introduzir a tecnologia de maneira instrucional (na forma de simulações com manuais prontos a serem seguidos, por exemplo) ou de modo que ela não modifica o padrão expositivo de suas aulas.

Atualmente, de acordo com Barreto (2004), os mais diversos textos sobre educação e ensino trazem referências à presença das TICs (Tecnologias da Informação e Comunicação). Ainda, “[...] a presença das TIC tem sido investida de sentidos múltiplos, que vão da alternativa de ultrapassagem dos limites postos pelas “velhas tecnologias”, representadas principalmente por quadro-de-giz e materiais impressos, à resposta para os mais diversos problemas educacionais ou até mesmo para questões socioeconômico-políticas” (BARRETO, 2004, p. 1183). Algumas aplicações interessantes das novas tecnologias na educação são a utilização do computador e, mais recentemente, o emprego da placa microcontroladora Arduino.

O Arduino é uma placa de prototipagem eletrônica desenvolvida na Itália em 2005. Seu uso requer apenas um computador e o software adequado para programação, que pode ser baixado gratuitamente, além de sensores e outros periféricos necessários para o desenvolvimento do projeto e que podem ser facilmente encontrados em lojas de componentes eletrônicos. Um projeto de aplicação didática com Arduino tem as vantagens de ser mais acessível e fornecer mais liberdade criativa ao estudante e ao professor, sem tantas limitações de hardware como a maioria dos kits de robótica prontos no mercado, e se mostra uma ferramenta poderosa no ensino de Física, especialmente no tema de eletricidade e eletrônica.

Frente a estas possibilidades, é traçada a cronologia da utilização do computador na educação, os principais projetos que auxiliaram nesta inclusão e o histórico dos países pioneiros nesta área. Em seguida, expressa-se como se deu a criação da placa de prototipagem eletrônica Arduino e sua utilização como nova Tecnologia da Informação e Comunicação na Educação, no lugar do computador ou de outros kits comerciais mais dispendiosos. A forma como são desenvolvidas as pesquisas, quais os lugares em que elas mais tem surgido e qual a sugestão de aplicação do Arduino no Ensino de Física no Ensino Médio constituem o núcleo do problema desta monografia. Ademais, o principal objetivo do presente trabalho é reunir e classificar as produções acadêmicas que abordem o tema do Ensino de Física utilizando Arduino no Ensino Médio e discutir os fenômenos sociais que dão suporte à tendência dessas publicações através de uma pesquisa do tipo estado da arte.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

Frente a estas possibilidades de utilização da plataforma Arduino, é levantado o seguinte questionamento: Como o Arduino está sendo utilizado em atividades didático pedagógicas no Ensino Médio na disciplina de Física?

1.2. OBJETIVOS

O principal objetivo do presente trabalho é reunir e classificar as produções acadêmicas que abordem o tema do Ensino de Física utilizando Arduino no Ensino Médio e discutir os fenômenos sociais que dão suporte à tendência dessas publicações através de uma pesquisa do tipo estado da arte.

1.2.1. Objetivos específicos

- Traçar a cronologia da utilização do computador na educação, os principais projetos que auxiliaram nesta inclusão e o histórico dos países pioneiros nesta área;
- Expressar como se deu a criação da placa de prototipagem eletrônica Arduino e sua utilização como nova Tecnologia da Informação e Comunicação na

Educação, no lugar do computador ou de outros kits comerciais mais dispendiosos;

- Analisar artigos, publicações em eventos, teses e dissertações que tratem do uso do Arduino no Ensino de Física no Ensino Médio e levantar dados sobre a origem dos trabalhos publicados;
- Verificar de que maneira a plataforma Arduino foi utilizada nas publicações e se as propostas foram realmente aplicadas em turmas do Ensino Médio de escolas públicas ou particulares;
- Investigar a escolha do Arduino em detrimento de outros kits comerciais de física e robótica pelos pesquisadores cujas publicações aqui estão sendo analisadas;

1.3. JUSTIFICATIVA

A principal motivação pela escolha deste tema é a necessidade de pesquisas do tipo estado da arte que explorem e ajudem a entender quais os rumos tomados e as motivações das publicações que estudam o Arduino na educação e, mais especialmente, no Ensino de Física.

2. HISTÓRICO DAS TECNOLOGIAS EDUCACIONAIS

Ao estudar as complexas relações que deram origem à utilização da informática na educação, fica evidente o contexto político e social inserido nelas. Em 1973, a crise do petróleo redefiniu a divisão internacional das regiões de produção e bens e de poderes, transferindo o encargo da produção de matérias-primas e das indústrias convencionais dos países centrais aos países periféricos, reservando esses, contudo, do controle da indústria de produção, manipulação e transporte do pensamento tecnológico (ALMEIDA, 1987, p. 13).

Além disto, irrompe uma poderosa indústria da guerra, que exige o aperfeiçoamento da tecnologia e da informática para o desenvolvimento pleno de suas armas, como menciona Almeida:

A importância da ciência informática na guerra é tão grande que o espaço político das negociações praticamente inexistente, ficando a decisão situada quase que exclusivamente no âmbito tecnológico (ALMEIDA, 1987, p. 13).

Quando os países centrais e a chamada Trilateral (Europa, Japão e Estados Unidos) tomaram conta de que o valor da criação do pensamento é muito mais caro que sua execução nas indústrias, assim como a sua importância é muito maior para a nacional e para a indústria bélica, estes conservaram para si o desenvolvimento da informática (ALMEIDA, 1987, p. 14). Alguns pesquisadores da área da educação, ao perceberem o potencial do computador, desenvolveram projetos que visaram a inclusão dessa nova ferramenta na prática escolar das escolas. Dentre os países pioneiros neste campo, e que influenciaram os projetos brasileiros das décadas de 70, 80 e 90, cita-se aqui, os Estados Unidos e a França.

2.1. O SURGIMENTO DO COMPUTADOR NA EDUCAÇÃO ESTADUNIDENSE

Em meados da década de 50, quando começaram a ser comercializados os primeiros computadores, já haviam tentativas de inserir esta nova tecnologia na educação. No entanto, como afirma Valente (1999, p. 1), o enfoque dado neste período era de apenas armazenar uma informação em uma

sequência e repassá-la ao aprendiz, na realidade, “[...] era a tentativa de implementar a máquina de ensinar idealizada por Skinner” (VALENTE, 1999, p. 1).

A informática e o uso de novas tecnologias na educação brasileira iniciou-se com o interesse de alguns educadores de universidades brasileiras, estimulados pela incorporação dos computadores na educação, como já estava acontecendo em alguns países como Estados Unidos e França (VALENTE, 1999, p. 5).

Nos Estados Unidos, conforme Valente (1999, p. 5), a decisão do uso de computadores na educação é descentralizada e não depende das deliberações governamentais, porém, ainda assim, há um estímulo grande em sua utilização causado “[...] pelo desenvolvimento tecnológico, necessidade de profissionais qualificados e pela competição estabelecida pelo livre mercado das empresas que produzem software, das universidades e das escolas.” (VALENTE, 1999, p. 6).

Ao contrário do senso comum, o início da informática na educação dos Estados Unidos não foi tão diferente do ocorrido no Brasil, os recursos tecnológicos existentes em 1975 nas salas de aula estadunidenses de 1º e 2º grau eram exatamente os mesmos das escolas brasileiras: giz e quadro-negro (AHL, 1997 apud VALENTE, 1999, p. 6). Apesar de poucas escolas utilizarem os recursos computacionais, as universidades americanas já possuíam vários projetos sobre o uso de computadores na educação (VALENTE, 1999, p. 6).

Como mencionado por Valente (1999, p. 6), a máquina de Skinner, idealizada no começo dos anos 50, foi concretizada por meio dos diversos softwares de instrução programada que surgiram no início da década de 60. Despontava o conceito do *Computer Aided Instruction* (CAI), ou, em português, Instrução Auxiliada por Computador, particularmente mais utilizados em universidades, e elaborado por empresas como a IBM, RCA e Digital (VALENTE, 1999, p. 6).

Todavia, a utilização dos CAI estava restrita somente às universidades, devido ao tamanho dos computadores da época, dificultando o uso

destes programas por escolas (VALENTE, 1999, p. 6). No entanto, como afirma Valente (1999, p. 6), este problema foi eliminado com o surgimento do microcomputador, no início dos anos 80. Outro problema contornado pela chegada dos microcomputadores também é apontado por Valente (1999, p. 7):

Entretanto, a presença dos microcomputadores permitiu também a divulgação de novas modalidades de uso do computador na educação, como ferramenta no auxílio de resolução de problemas, na produção de textos, manipulação de banco de dados e controle de processos em tempo real. De acordo com essa abordagem, o computador passou a assumir um papel fundamental de complementação, de aperfeiçoamento e de possível mudança na qualidade da educação, possibilitando a criação e o enriquecimento de ambientes de aprendizagem. O Logo foi o exemplo mais marcante dessa proposta (VALENTE, 1999, p. 7).

A difusão do computador nas escolas foi tão grande a partir disso que, de acordo com Souza (1983), nos Estados Unidos, em 1982, cerca 50% das escolas secundárias e 20% das escolas primárias já possuíam um microcomputador.

A linguagem LOGO – e também a filosofia que a alimenta – foi desenvolvida durante a década de 60 no Laboratório de Inteligência Artificial do MIT (Massachusetts Institute of Technology) sob a supervisão de Seymour Papert (CHAVES, 1988, p. 51). Esta, diferentemente das outras linguagens, surgiu exatamente para suprir uma demanda de ensino não-instrucional por meio do computador. De acordo com Almeida (1987, p. 67), a filosofia LOGO “[...] trata-se de uma aplicação, a partir de um instrumento técnico, da proposta piagetiana de formação dos esquemas de assimilação cooperação, coordenação, equilíbrio, reversibilidade e outros.”

Figura 1 — Criança manipulando o computador por meio da linguagem LOGO



Fonte: <http://www.atariarchives.org/deli/classroom3.jpg>

2.2. O SURGIMENTO DO COMPUTADOR NA EDUCAÇÃO FRANCESA

Ao contrário do caso estadunidense, as decisões educacionais na França são centralizadas e bem planejadas, de modo que, conforme Valente (1999, p. 9), “[...] a França foi o primeiro país ocidental que programou-se, como nação, para enfrentar e vencer o desafio da informática na educação e servir de modelo para o mundo.”

Na França, a introdução da informática na educação ocorreu em quatro fases distintas (VALENTE, 1999, p. 10). A primeira etapa, desenvolvida no começo da década de 70, focou na própria formação dos professores, na qual foram capacitados docentes dos Liceus franceses por intermédio de cursos de longa duração de meio período diário em um ano (VALENTE, 1999, p. 10). Os softwares utilizados eram denominados EAO (*Enseignement Assisté par Ordinateur*), muito semelhantes ao modelo dos CAI estadunidenses, esse tipo de software, de acordo com Valente (1999, p. 10), “[...] era adequado às características rígidas dos equipamentos e à visão educacional da época.”

A segunda fase, denominada “10 000 Microcomputadores” e iniciada

em 1978, tinha como principais objetivos a familiarização do indivíduo com a informática e o desenvolvimento do uso do computador como ferramenta de ensino (VALENTE, 1999, p. 10). Em 1982, o governo da França instala em Paris o Centro Mundial de Recursos Humanos para a Informática, sob a direção de Jean-Jacques Servan Schreiber e direção científica de Seymour Papert (VALENTE, 1999, p. 10).

A preocupação pedagógica pela formação em informática iniciou-se somente em 1985, com o plano *Informatique pour Tous* (Informática para Todos). No contexto deste projeto, foram desenvolvidos programas de formação remunerados, estágios de observação e atuação, completando um período de aproximadamente 3 meses de preparo de 100 000 professores no ano supracitado (VALENTE, 1999, p. 11).

No entanto, muitas das políticas educacionais que tentaram aproximar a tecnologia e o computador da escola acabaram fracassando por tentar mostrar uma imagem de modernidade e não se preocupar muito com as mudanças de ordem pedagógica que deveriam estar associadas ao fenômeno da informática na educação, como relata Levy:

Durante os anos oitenta, quantias consideráveis foram gastas para equipar as escolas e formar os professores. Apesar de diversas experiências positivas sustentadas pelo entusiasmo de alguns professores, o resultado global é deveras decepcionante. Por quê? É certo que a escola é uma instituição que há cinco mil anos se baseia no falar/ditar do mestre, na escrita manuscrita do aluno e, há quatro séculos, em um uso moderado da impressão. Uma verdadeira integração da informática (como do audiovisual) supõe portanto o abandono de um hábito antropológico mais que milenar, o que não pode ser feito em alguns anos. Mas as “resistências” do social têm bons motivos. O governo escolheu material da pior qualidade, perpetuamente defeituoso, fracamente interativo, pouco adequado aos usos pedagógicos. Quanto à formação dos professores, limitou-se aos rudimentos da programação (de um certo estilo de programação, porque existem muitos deles...), como se fosse este o único uso possível de um computador! (LÉVY, 2004, p. 8).

2.3. O SURGIMENTO DO COMPUTADOR NA EDUCAÇÃO BRASILEIRA

2.3.1. O Projeto LOGO da Unicamp

Assim como em outros países, no Brasil o uso da informática na

educação também começou com experiências isoladas em universidades, nos anos 70 (VALENTE, 1999, p. 13). Conforme Souza (1983), em 1971 foi promovido, com apoio do CNPq e da UFSCar, um seminário intensivo sobre o uso do computador no ensino de física, sob a direção do professor E. Huggins, que veio da Universidade de Dartmouth, nos Estados Unidos, para o Brasil especialmente para este evento. Também, neste mesmo ano, foi realizada a Primeira Conferência Nacional de Tecnologia em Educação Aplicada ao Ensino Superior (I CONTECE), no Rio de Janeiro, fomentada pelo Conselho de Reitores das Universidades Brasileiras (VALENTE, 1999, p. 13).

Na UNICAMP, entre 1973 e 1974, iniciou-se um projeto baseado no LOGO, por meio de um estágio da professora Afira Vianna Ripper no laboratório do MIT, onde teve a oportunidade de conhecer os criadores desta linguagem, Seymour Papert e Marvin Minsky (CHAVES, 1983). Em 1975, estes professores foram convidados a visitarem a UNICAMP e, desta interação, surgiu um grupo interdisciplinar de pesquisa, que contava com a participação dos professores Fernando Curado, do Departamento de Computação, Maria Fausta Campos e Cláudia Lemos, do Departamento de Linguística, Raymond Paul Shepard e Márcia de Brito, ambos do Departamento de Psicologia Educacional (CHAVES, 1983).

No ano de 1976, a FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), custeou um estágio dos professores Fernando Curado, Raymond Paul Shepard e Afira Vianna Ripper no MIT, assim como o retorno de Papert e Minsky ao Brasil para ministrar seminários e participar dos projetos de pesquisa que corroboraram nas dissertações de mestrado de Maria Cecília Calani, Djalma S. Salles e José Armando Valente, e, ulteriormente, na consolidação do grupo de pesquisa, com a criação do Núcleo de Informática Aplicada à Educação (NIED), no ano de 1983 (CHAVES, 1983; VALENTE, 1999, p. 14).

Sob a coordenação das professoras Maria Cecília Calani Baranauskas e Heloísa V. R. Correa Silva, o projeto efetivamente entrou em uma etapa de desenvolvimento de atividades com crianças (CHAVES, 1983). Segundo Chaves:

O Projeto Logo da UNICAMP foi o primeiro de sua natureza a ser implantado no Brasil, quando poucas eram as pessoas, até no exterior, preocupadas com o assunto. Seu objetivo inicial foi introduzir a linguagem Logo no Brasil, adequá-la à realidade brasileira, com base em um estudo piloto com algumas crianças, estudo este que teria por objetivo verificar como o ambiente Logo influencia a aprendizagem. Suas atividades têm se ampliado em escopo e abrangência, de modo a atingir treinamento de instrutores e professores e desenvolvimento de material didático, dentro da filosofia Logo (CHAVES, 1983, p. 3).

2.3.2. A criação do EDUCOM

Em agosto de 1981 realizou-se, com apoio financeiro da SEI (Secretaria Especial de Informática) e suporte do MEC e CNPq, o Primeiro Seminário Nacional de Informática na Educação, alocado na Universidade de Brasília (CHAVES, 1988, p. 8). No mesmo mês do ano seguinte, ocorreu na UFBA (Universidade Federal da Bahia), o Segundo Seminário Nacional de Informática na Educação, novamente com o apoio dos órgãos citados acima e com participação de algumas instituições, como o Conselho Federal de Educação (CFE), Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais (INEP), o Museu Nacional, o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), dentre outros (CHAVES, 1988, p. 11).

No final do ano de 1982, o MEC lançou as diretrizes que instauraram uma política pública de informática no setor da educação, cultura e esportes (CHAVES, 1988, p. 12). Uma comissão elaborada pela SEI concebeu o projeto EDUCOM, que implantava em universidades públicas brasileiras, centros-piloto focados na pesquisa no uso de informática educacional, na formação de profissionais deste setor e no desenvolvimento de políticas pertinentes (TAVARES, 2002). De acordo com Tavares (2002), dentre as vinte e seis universidades interessadas no projeto, apenas cinco foram escolhidas para sediar os centros-piloto: a UFPE (Universidade Federal de Pernambuco), UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais), UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro), UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul) e a UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas). Sobre o objetivo do projeto, compreende-se que:

Várias foram as metas do projeto EDUCOM, uma delas era desenvolver a pesquisa do uso educacional da informática (entenda-se na época o uso da linguagem Logo e da linguagem Basic, disponíveis no Brasil), ou seja, perceber como o aluno aprende sendo apoiado pelo recurso da informática e se isso melhora efetivamente sua aprendizagem. Outra meta era levar os

computadores às escolas públicas, para possibilitar as mesmas oportunidades que as particulares ofereciam a seus alunos (TAVARES, 2002).

Apesar da iniciativa, foi relatado que os convênios destinados a financiar o primeiro ano de funcionamento do EDUCOM acabaram atrasando consideravelmente, ainda que tenham sido honrados, no entanto, dentro do período que engloba agosto a outubro de 1983, os valores destes convênios não foram reajustados, de forma que “[...] não é difícil imaginar a desvalorização sofrida por esses recursos, num período em que a inflação esteve sempre na casa dos 250% ao ano” (CHAVES, 1988, p. 15). Com o fim da ditadura militar, em 1985, o CENIFOR (Centro de Informática do MEC), órgão que havia assumido a coordenação do projeto EDUCOM em 1984, foi desestruturado e formaram-se disputas internas para a escolha de coordenadores do setor. Todos estes acontecimentos, além de outro contratempo financeiro acabaram culminando na extinção do projeto em 1986 (TAVARES, 2002).

2.3.3. A iniciativa do PROINFO

Conforme Valente (1999, p. 14), o desenvolvimento do EDUCOM “[...] permitiu a formação de pesquisadores das universidades e de profissionais das escolas públicas que possibilitaram a realização de diversas ações iniciadas pelo MEC [...]”, particularmente, a promoção dos Concursos Nacionais de Software Educacional, nos anos de 1986 a 1988, e a elaboração do FORMAR (Curso de Especialização em Informática na Educação), ministrados em 1987 e 1989, além da instituição dos CIEd (Centros de Informática em Educação) nos estados em 1987 (VALENTE, 1999, p. 14-15).

Em 1989, foi instituído o PRONINFE (Plano Nacional de Informática Educativa) pelo MEC, com seu Regimento Interno aprovado em março do ano seguinte. Em setembro de 1990 o PRONINFE foi incorporado ao PLANIN (Plano Nacional de Informática e Automação), pertencente ao Ministério da Ciência e Tecnologia (TAVARES, 2002). De acordo com Valente (1999, p. 15), o programa “[...] realizou o FORMAR III (Goiânia) e FORMAR IV (Aracajú) destinados a formar professores das escolas técnicas” além de implantar “[...] os Centros de Informática

Educativa nas Escolas Técnicas Federais (CIET)” (VALENTE, 1999, p. 15).

Conforme Tavares:

O PRONINFE possuía um modelo funcional e geograficamente descentralizado, funcionando através de centros de informática na educação espalhados por todo o país. Esses centros contavam com apoio mútuo, divulgando e analisando projetos educacionais, seus objetivos e resultados. Outro ponto forte do PRONINFE era a formação de professores dos três graus (hoje fundamental, médio e superior), bem como na área de educação especial e em nível de pós-graduação. [...] Não há informações claras em artigos ou livros da extinção de qualquer um dos projetos de informática educacional citados. Percebe-se, entretanto, a incorporação de outros projetos que acabam modificando sua estrutura inicial (TAVARES, 2000).

Em abril de 1997, foi iniciado o PROINFO (Programa Nacional de Informática na Educação), o qual estava vinculado à SEED (Secretaria de Educação à Distância) do MEC e contava com a coordenação de Cláudio Salles, o projeto tinha a intenção de formar 25 mil professores e atender cerca de 6,5 milhões de alunos através da aquisição de 100 mil computadores conectados à Internet para as escolas públicas (TAVARES, 2002; VALENTE, 1999, p. 15).

Segundo Tavares (2002), os anos 90 foram destacados pela atenção governamental em diminuir o analfabetismo no Brasil, pois, na época, a taxa de analfabetos no país era extremamente grande, se comparada a alguns países da América, Ásia e Europa. Também, o mundo inteiro estava sujeito a uma fase de intenso desenvolvimento tecnológico, impulsionando a produção industrial em larga escala de maior qualidade, pedindo com urgência do mercado de trabalho mão de obra qualificada em uma época de abertura comercial do país e fim da reserva de mercado (TAVARES, 2002). De acordo com Tavares:

Com o ritmo de exportação em baixa e a importação aumentando, a preocupação nacional passou a ser não apenas alfabetizar a parte da população com menos condições de acesso à educação escolarizada, mas permitir que ela tivesse acesso às modernas tecnologias, que soubesse tanto ler e interpretar orientações quanto tomar decisões dentro do limite de sua atuação profissional. Não se questionava mais se deveríamos ou não empregar computadores no processo educacional, mas como preparar os professores para usá-los (TAVARES, 2002).

Segundo Valente (1999, p. 15), a conjectura do Brasil até então “[...]”

nos permite afirmar que, inquestionavelmente, temos conhecimento e experiências sobre informática na educação instalados nas diversas instituições do país”. Essa aquisição de informações e elaboração do conhecimento só foi possível aqui, pois, ao contrário da proposta francesa e estadunidense, as propostas pedagógicas da informática na educação foram baseadas fortemente em pesquisas realizadas nas universidades e escolas públicas (VALENTE, 1999, p. 16). Valente continua seu raciocínio:

Portanto, a primeira diferença entre o programa de informática na educação do Brasil e da França e Estados Unidos é a relação que se estabeleceu entre os órgãos de pesquisa e a escola pública. Na França, as políticas implantadas pelo governo não foram necessariamente frutos da pesquisa e não houve o estabelecimento de uma ligação direta entre os centros de pesquisa e a escola pública. Nos Estados Unidos, embora tenham sido produzidas inúmeras pesquisas, estas podiam ou não ser adotadas pela escola interessada em implantar a informática (VALENTE, 1999, p. 16).

No entanto, é consenso de que as mudanças pretendidas com quaisquer um dos projetos de informática na educação não foram suficientes para alterar o sistema educacional no geral, e nos permite compreender que “[...] a promoção dessas mudanças pedagógicas não depende simplesmente da instalação dos computadores nas escolas” (VALENTE, 1999, p. 17). Conforme Chaves (1988, p. 27), o computador deveria atuar muito mais se fosse utilizado para o aprendizado de programação, e não somente um mero adjutor no ensino dos conteúdos tradicionais do currículo escolar, tal como uma máquina de ensinar.

3. SOFTWARE LIVRE E ARDUINO

3.1. O QUE É SOFTWARE LIVRE?

Conforme GNU (2014a), software livre é aquele que permite aos usuários “[...] a liberdade de executar, copiar, distribuir, estudar, mudar e melhorar o software”. Um programa só é um software livre se atende às quatro liberdades essenciais, definidas pela *Free Software Foundation*:

- A liberdade de executar o programa como você desejar, para qualquer propósito (liberdade 0).
- A liberdade de estudar como o programa funciona, e adaptá-lo às suas necessidades (liberdade 1). Para tanto, acesso ao código-fonte é um pré-requisito.
- A liberdade de redistribuir cópias de modo que você possa ajudar ao próximo (liberdade 2).
- A liberdade de distribuir cópias de suas versões modificadas a outros (liberdade 3). Desta forma, você pode dar a toda comunidade a chance de beneficiar de suas mudanças. Para tanto, acesso ao código-fonte é um pré-requisito (GNU, 2014a).

A ideia de um software livre e aberto ao senso de comunidade dos usuários surgiu em 1983, no Laboratório de Inteligência Artificial do MIT, por meio do projeto GNU, protagonizado por Richard Stallman, com o objetivo de produzir um sistema operacional livre que tivesse as mesmas possibilidades de rodar programas e aplicativos do sistema Unix, mas sem as dependências das licenças proprietárias de uso. O Unix, por sua vez, era um sistema operacional escrito em linguagem de alto nível, de fácil programação, criado a partir de um projeto de pesquisa da Bell Laboratories da AT&T, General Electric e do MIT (SILVEIRA, 2004, p. 17). Richard Stallman afirmou em seu anúncio inicial do projeto GNU os motivos que o levavam ao desenvolvimento deste sistema operacional livre:

Eu considero que a regra de ouro requer que se eu gosto de um programa eu tenho que compartilhá-lo com outras pessoas que gostam dele. Eu não posso, em boa consciência, assinar um acordo de não-quebra ou um acordo de licença de software.

Então, para que eu possa continuar a usar computadores sem violar meus princípios, eu decidi reunir um corpo suficiente de software livre de tal modo que eu esteja apto a passar sem o uso de qualquer software que não seja livre (GNU, 2014b).

O propósito de criação de um sistema operacional livre ganhou apoiadores e culminou, em 1984, na formação da *Free Software Foundation*, uma organização que promove a utilização, preservação e proteção dos softwares livres.

Figura 2 — Logotipo do Projeto GNU



Fonte:

<http://www.atariarchives.org/deli/classroom3.jpg>

A adoção de softwares livres pelos usuários, sejam eles corporações, governos ou pessoas físicas, oferece, além da própria questão da liberdade de uso e modificação, um ponto muito significativo: a economia de recursos financeiros. Silveira (2004) exemplifica este item considerando um investimento governamental de informatização de escolas públicas:

Utilizando software proprietário, o país gastará para informatizar suas principais 100 mil escolas públicas, no mínimo, US\$ 300 milhões aproximadamente a cada dois anos. A aritmética é simples: se utilizarmos 30 computadores em média em cada uma dessas 100 mil escolas, teremos de adquirir 3 milhões de licenças de uso de softwares básicos, o sistema operacional e os aplicativos de escritório (editor de texto, planilha de cálculo, editor de imagens e apresentações). Uma licença para cada computador comprado. Se cada licença custar somente US\$ 100, estaremos falando de um gasto desnecessário de US\$ 300 milhões (SILVEIRA, 2004, p. 39).

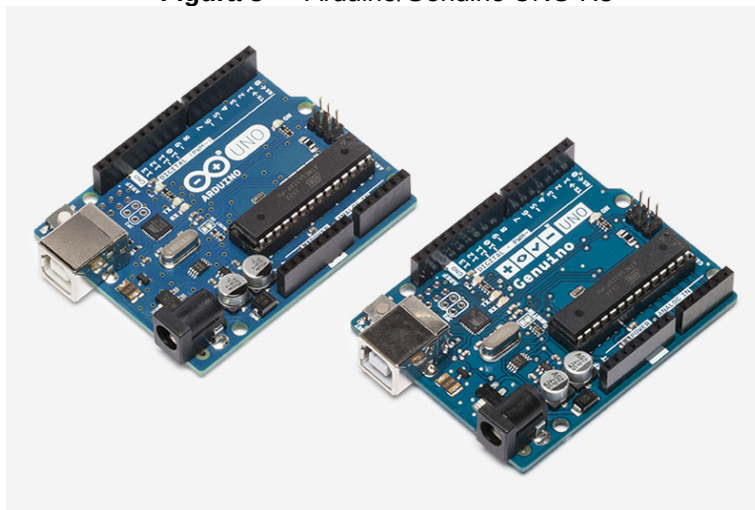
Além disso, é bem conhecido que as TICs são meios de expressão do conhecimento humano e da cultura global e a limitação do seu acesso pode ser entendida como uma violação de direitos fundamentais, ainda, na opinião de Silveira, “[...] em uma sociedade em rede, baseada na comunicação mediada por

computador, não é possível concordar que as linguagens básicas dessa comunicação sejam propriedade privada de alguns poucos grupos econômicos” (SILVEIRA, 2004, p. 42).

3.2. O QUE É ARDUINO?

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware e softwares livres concebida no *Interaction Design Institute Ivrea*, no norte da Itália, por um grupo formado por Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino e David Mellis. Foi baseado em outro projeto criado para a dissertação de mestrado de Hernando Barragan, auxiliado por Massimo Banzi e Casey Reas no *Interaction-Ivrea*, o *Wiring*, este, por sua vez, estava alicerçado no projeto de prototipagem eletrônica de Banzi, o *Programma2003*, e a plataforma *Processing*, idealizada por Reas e Ben Fry (ARDUINO, 2016a).

Figura 3 — Arduino/Genuino UNO R3

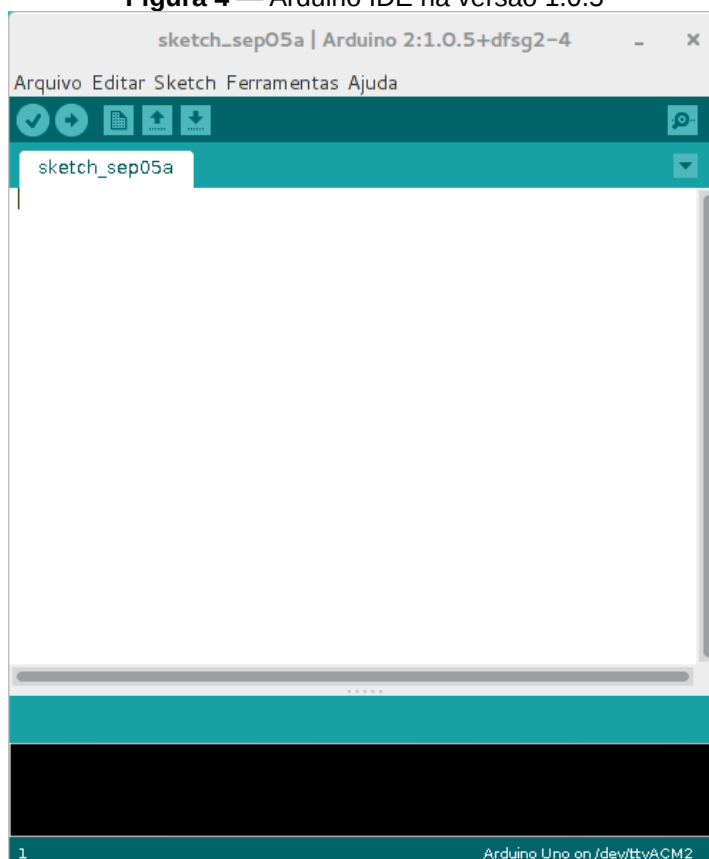


Fonte: ARDUINO, 2016b

As primeiras placas Arduino foram projetadas por Massimo Banzi e David Cuartielles, nas quais Cuartielles ficou encarregado de desenvolver o software, baseado em *Wiring*, junto à colaboração de Nicholas Zambetti. Já o hardware e sua manufatura foi elaborado por Gianluca Martino (ARDUINO, 2016a). O projeto recebeu um grande apoio do Programa de Tecnologia Interativa, da Faculdade de Artes Tisch, na Universidade de Nova Iorque, um dos fatores que

indicam que, diferentemente de outros projetos de prototipagem eletrônica, o Arduino não era destinado à indústria ou ao especialista, mas sim a iniciantes ou pessoas com pouca afinidade na área da eletrônica.

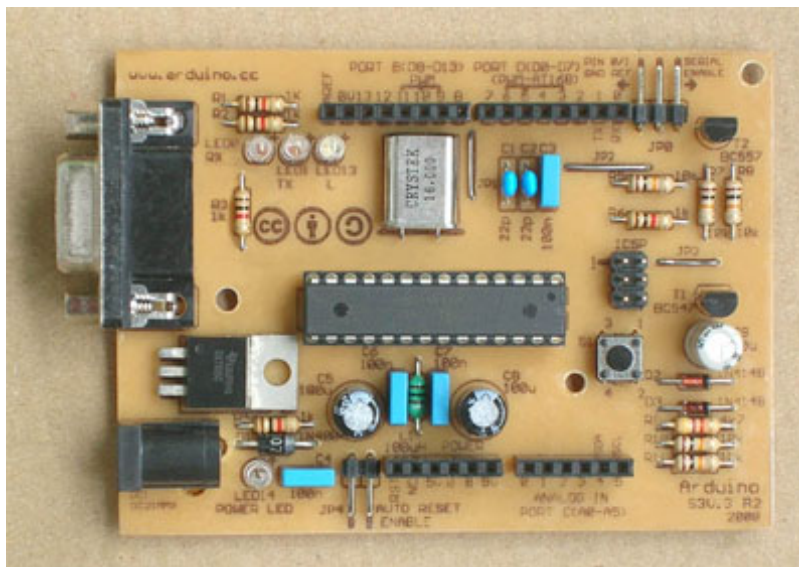
Figura 4 — Arduino IDE na versão 1.0.5



Fonte: Autoria própria.

A linguagem de programação do Arduino é muito semelhante à linguagem C, tornando-a acessível para quem conhece minimamente as principais linguagens de programação, e é escrita dentro de uma interface chamada Arduino IDE. A versão mais popular do Arduino, denominada Arduino UNO, conta com um microcontrolador ATmega328P, 16 pinos digitais de entrada ou saída, 6 pinos analógicos de entrada, um cristal de quartzo de 16 MHz, um conector USB, um conector de alimentação e um cabeçote ICSP (ARDUINO, 2016b). A intenção de construção do Arduino é de que, como seu público-alvo não necessariamente tem conhecimentos mais aprofundados em eletrônica, a placa possua dispositivos de segurança suficientes para que nenhum tipo de dano à placa possa ocorrer devido a má utilização, por exemplo, um curto circuito.

Figura 5 — Severino, clone brasileiro do Arduino



Fonte:

<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardSerialSingleSided3>

O Arduino é considerado uma tecnologia de software e hardware livres porque qualquer um pode produzir um Arduino e tem acesso aos seus esquemas elétricos sem precisar pagar uma licença para isso. Exemplos de versões brasileiras do Arduino são o Severino e o Marminino, projetados respectivamente por Adilson Akashi e Daniel Chagas. A única exceção a esse regime de liberdade é que os derivados do Arduino não levem o nome da marca original. Recentemente, a companhia responsável pela idealização do Arduino se envolveu em disputas judiciais com a empresa fabricante das placas, que reivindicava pelo direito da marca Arduino. A empresa do grupo de Massimo Banzi acabou utilizando a marca Arduino nos Estados Unidos e a marca Genuino fora do território estadunidense até que os impasses fossem resolvidos.

Apesar da principal finalidade da plataforma Arduino não ser o uso educacional, por ser um recurso tecnológico de software e hardware livres e pela facilidade de programação e montagem de circuitos eletrônicos, muitos pesquisadores da área de Ensino apostaram na placa de prototipagem como um recurso tecnológico que poderia substituir os grandes computadores na sua função de automatização e coleta de dados e também na utilização da ferramenta da lógica de programação do meio virtual para resolver problemas concretos do mundo real e estimular o desenvolvimento do aluno.

Figura 6 — Marminino, clone brasileiro do Arduino



Fonte: <http://www.simiano.net/2014/02/marminino.html>

4. METODOLOGIA DA PESQUISA

4.1. ESTADO DA ARTE

Conforme afirma Ferreira (2002), vem crescendo cada vez mais a produção de pesquisas denominadas “estado da arte”, ou “estado do conhecimento”, as quais tem o objetivo de levantar um mapeamento e discutir acerca de uma produção acadêmica em campos distintos do conhecimento, observando os pontos que vêm sendo destacados em diferentes épocas e lugares e de que maneira e em que situações têm surgido dissertações de mestrado, teses de doutorado, publicações em periódicos e comunicações em anais de congressos e seminários. De acordo com Ferreira (2002), os pesquisadores que realizam este tipo de levantamento têm a sensação:

[...] do não conhecimento acerca da totalidade de estudos e pesquisas em determinada área de conhecimento que apresenta crescimento tanto quantitativo quanto qualitativo, principalmente reflexões desenvolvidas em nível de pós-graduação, produção esta distribuída por inúmeros programas de pós e pouco divulgada (FERREIRA, 2002, p. 258-259).

Uma pesquisa do tipo “estado da arte” tem uma grande importância na formação de um campo teórico do conhecimento, especialmente na área da educação. Segundo Romanowski e Ens (2006), elas:

[...] procuram identificar os aportes significativos da construção da teoria e prática pedagógica, apontar as restrições sobre o campo em que se move a pesquisa, as suas lacunas de disseminação, identificar experiências inovadoras investigadas que apontem alternativas de solução para os problemas da prática e reconhecer as contribuições da pesquisa na constituição de propostas na área focalizada (ROMANOWSKI; ENS, 2006, p. 39).

Antes de mais nada, é necessário ressaltar que um “estado da arte” é, do ponto de vista de sua natureza, uma pesquisa básica, ou seja, ela “[...] objetiva gerar conhecimentos novos úteis para o avanço da ciência sem aplicação prática prevista” (PRODANOV; FREITAS, 2013, p. 51). Ela tem um objetivo exploratório, o que significa que tem a meta de proporcionar mais informações sobre o assunto a ser investigado, facilitando a delimitação do tema e um novo tipo de enfoque (PRODANOV; FREITAS, 2013, p. 51-52). Outra característica encontrada nas

pesquisas “estado da arte” relativas aos procedimentos técnicos é a qualidade de ser uma pesquisa bibliográfica, e, portanto, ser “[...] elaborada a partir de material já publicado, [...] com o objetivo de colocar o pesquisador em contato direto com todo material já escrito sobre o assunto da pesquisa” (PRODANOV; FREITAS, 2013, p. 54).

O objetivo das pesquisas nesta modalidade é deixar os seguintes questionamentos, que possibilitariam novas pesquisas e diferentes encaminhamentos metodológicos para um determinado campo do conhecimento:

- como a produção atual efetivamente contribui para o avanço do conhecimento da área?
- qual a relevância e a consistência do conhecimento produzido, considerando-se as categorias e subcategorias analisadas?
- quais são as consequências políticas, sociais, metodológicas, resultantes desses estudos?
- quais as contribuições desses estudos para o cotidiano escolar dos professores?
- quais as possibilidades de generalização, a partir de similaridades e integração dos resultados das diversas regiões e que exigem iminência nas políticas públicas?
- os estudos sobre a temática podem auxiliar o delineamento de políticas públicas?
- quais políticas e estratégias têm sido executadas a partir da produção diretamente relacionada ao tema (ENS; ANDRÉ, 2005 apud ROMANOWSKI; ENS, 2006, p. 46).

Segundo Romanowski (2002, p. 15-16 apud ROMANOWSKI; ENS, 2006, p. 43), para o desenvolvimento de uma pesquisa do tipo estado da arte, é recomendado seguir os seguintes passos:

- definição dos descritores para direcionar as buscas a serem realizadas;
- localização dos bancos de pesquisas, teses e dissertações, catálogos e acervos de bibliotecas, biblioteca eletrônica que possam proporcionar acesso a coleções de periódicos, assim como aos textos completos dos artigos;
- estabelecimento de critérios para a seleção do material que compõe o corpus do estado da arte;
- levantamento de teses e dissertações catalogadas;
- coleta do material de pesquisa, selecionado junto às bibliotecas de sistema COMUT ou disponibilizados eletronicamente;
- leitura das publicações com elaboração de síntese preliminar, considerando o tema, os objetivos, as problemáticas, metodologias, conclusões, e a relação entre o pesquisador e a área;
- organização do relatório do estudo compondo a sistematização das sínteses, identificando as tendências dos temas abordados e as

- relações indicadas nas teses e dissertações;
 • análise e elaboração das conclusões preliminares (ROMANOWSKI, 2002, p. 15-16 apud ROMANOWSKI; ENS, 2006, p. 43).

Apesar da importância de uma pesquisa desta modalidade, ela também apresenta algumas limitações, uma das principais, acontece na escolha do material a ser explorado. Quando é feito o mapeamento, o pesquisador acaba escolhendo, dentre as inúmeras produções científicas, aquelas as quais contém em seu resumo ou nas palavras-chave uma clara referência ao tema e à área de conhecimento a ser estudada, o que, inevitavelmente, pode acabar excluindo artigos que não estejam com os descritores claros pelas palavras-chave utilizadas (ROMANOWSKI; ENS, 2006). Conforme Ferreira (2002), os próprios resumos das pesquisas analisadas contam apenas uma pequena visão do tema, de modo que, mesmo após intermináveis buscas, “[...] um pesquisador jamais terá controle sobre seu objeto de investigação ao tentar delimitar seu corpus para escrever a história de determinada produção” (FERREIRA, 2002, p. 269).

4.2. MAPEAMENTO

Seguindo os métodos descritos por Romanowski (2002, p. 15-16 apud ROMANOWSKI; ENS, 2006, p. 43) e citados acima, para este estado da arte da utilização do Arduino no ensino de Física, foram utilizados os seguintes passos:

- Definidas as palavras-chave “Arduino” e “física” a serem inseridas nos buscadores para realizar a pesquisa das publicações;
- Delimitou-se a busca de artigos científicos e publicações em eventos nas plataformas Periódicos CAPES¹ e Google Acadêmico² e foram levantadas teses e dissertações por meio do Banco de Teses e Dissertações³ da CAPES e de pesquisas simples na internet. Procurou-se também publicações no XVI SNEF (Simpósio Nacional de Ensino de Física), XVII SNEF, XX SNEF, XXI SNEF, X EPEF (Encontro de Pesquisa em Ensino de Física) e XI EPEF;
- Estabeleceram-se critérios para selecionar as pesquisas, como a obrigatoriedade das propostas aplicarem a placa dentro do contexto escolar

1 Disponível em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br/>>

2 Disponível em: <<https://scholar.google.com.br/>>

3 Disponível em: <<http://bancodeteses.capes.gov.br/banco-teses/>>

do Ensino de Física no Ensino Médio em qualquer período de tempo, visto que a própria criação da placa de prototipagem eletrônica é muito recente, 2005;

- Sobre o levantamento de teses e dissertações catalogadas, novamente declara-se o mecanismo do Banco de Teses e Dissertações da CAPES, amplamente empregado nessa pesquisa;
- Coleta do material feita através dos portais acima citados por meio da internet;
- Realizou-se uma leitura das publicações e elaboração de síntese levando em conta a metodologia, objetivos, problemas de pesquisa e conclusões apresentadas;
- Foi organizado um relatório contendo as sínteses elaboradas e identificadas as tendências seguidas pelos trabalhos publicados;
- Analisou-se, finalmente e foram escritas as considerações finais acerca das pesquisas.

Foram encontrados oito artigos de revistas nacionais e três de periódicos internacionais, entre as quais três publicações não deixam claro se a utilização da proposta envolvendo o Arduino no ensino de Física pode ser aplicada ao Ensino Médio, no entanto, foram incluídas aqui por abordarem conteúdo pertinente e sem o rigor que se esperaria de um trabalho voltado ao ensino em nível superior. Durante a pesquisa, alguns destes trabalhos que não informavam o público-alvo da aplicação foram excluídos do mapeamento pela complexidade incompatível com a utilização do produto da publicação em uma sala de aula do Ensino Médio.

Na busca por produções científicas de eventos, foram identificados dez trabalhos pertinentes, sete deles apresentados nos SNEF e uma publicação em um evento internacional. Foram procurados também teses e dissertações que tratavam do uso do Arduino no ensino de Física no Ensino Médio e foi possível localizar sete dissertações que versavam sobre o tema, sendo a maioria na modalidade de mestrado profissional, uma delas de origem portuguesa, e o restante, brasileira.

5. PUBLICAÇÕES ANALISADAS

5.1. ARTIGOS EM REVISTAS CIENTÍFICAS

Quadro 1 — Principais informações dos artigos científicos analisados

Autoria	Título	Informações da publicação	Palavras-chave
CARVALHO, Luiz Raimundo Moreira de; AMORIM, Helio Salim de.	Observando as marés atmosféricas: Uma aplicação da placa Arduino com sensores de pressão barométrica e temperatura	Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 36, n. 3. 2014.	Maré atmosférica; Arduino; atividade experimental investigativa.
CAVALCANTE, Marisa Almeida; RODRIGUES, Thais Tokashiki. Tavares; BUENO, Darlene Andrea.	Controle Remoto: Princípio de funcionamento (parte 1 de 2)	Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 30, n. 3, p. 554-565, dez. 2013.	Controle Remoto; Arduino; Física Moderna.
CAVALCANTE, Marisa Almeida; RODRIGUES, Thais Tokashiki. Tavares; BUENO, Darlene Andrea.	Controle Remoto: Princípio de funcionamento (parte 2 de 2)	Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 31, n. 3, p. 614-641, dez. 2014.	Controle Remoto; Arduino; Física Moderna.
COLUCI, Vitor R.; PAULINO, Guilherme. SOUZA, Diego C. De; VASCONCELOS, Elba P. R.	Ilustração de incertezas em medidas utilizando experimentos de queda livre	Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 35, n. 2, 2013.	Incerteza em medidas; queda livre; placa Arduino.
CORDOVA, H.; TORT, A. C.	Medida de g com a placa Arduino em um experimento simples de queda livre	Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 38, n. 2, 2016.	Aceleração da gravidade; queda livre; Arduino.

Autoria	Título	Informações da publicação	Palavras-chave
ROSA, Cleci Teresinha Werner da; TRENTIN, Marco Antonio; ROSA, Álvaro Becker da; GIACOMELLI, Alisson Cristian.	Experimento de condução térmica com e sem uso de sensores e Arduino	Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 33, n. 1, p. 292-305, abr. 2016.	Condução de calor; Experimentos de Física com Arduino; Ensino de Física.
SARAÒ, Angela; CLOCCHIATTI, Marco; BAMABA, Carla; ZULIANI, David.	Using an Arduino Seismograph to Raise Awareness of Earthquake Hazard Through a Multidisciplinary Approach	Seismological Research Letters, v. 87, n. 1, jan./fev. 2016.	[Não consta]
SILVA, R. B.; LEAL, L. S.; ALVES, L. S.; BRANDÃO, R. V.; ALVES, R. C. M.; KLERING, E. V.; PEZZI, R. P.	Estações meteorológicas de código aberto: Um projeto de pesquisa e desenvolvimento tecnológico	Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 37, n. 1, 2015.	Ciência cidadã; instrumentação meteorológica.
SOUZA, Marcos A. M.; DUARTE, José R. R.	Low-cost educational robotics applied to physics teaching in Brazil	Physics Education, v. 50, n. 4, jul. 2015.	[Não consta]
SRIVASTAVA, A.; RAGHAVENDRA, M. K.; RAMESH, K. P.	An Experiment on Projectile Motion	Resonance, v. 20, n. 5, p. 458-471, maio 2015.	Projectile motion; Arduino microcontroller; photogate timers; kinematics experiment.

Autoria	Título	Informações da publicação	Palavras-chave
VISCOVINI, Ronaldo Celso; SILVA, Dayson de Mello; ÁVILA, Eduardo Alexandrino; MARTON, Ítalo Leonardo de Alencar; SANTOS, Marcio Anicete dos; BALISCEI, Marcos Paulo; OLIVEIRA, Marina Aparecida Ferreira de; SANTOS, Renato Rodrigues dos; SABINO, Ana Cláudia; GOMES, Eliane da Silva; PASSOS, Marinez Meneghello; ARRUDA, Sergio de Mello.	Maquete didática de um sistema trifásico de corrente alternada com Arduino: ensinando sobre a rede elétrica	Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 32, n. 3, p. 856-869, dez. 2015.	Eletrodinâmica; Corrente alternada; Sistema trifásico.

5.1.1. Observando as marés atmosféricas: Uma aplicação da placa Arduino com sensores de pressão barométrica e temperatura

O primeiro artigo (CARVALHO; AMORIM, 2014) apresenta um experimento para medição da pressão local e uma proposta de se trabalhar a comparação entre as oscilações barométricas, ou marés atmosféricas, e as marés oceânicas, fenômenos que tem comportamentos periódicos semelhantes mas de causas primárias dominantes diferentes, no caso, a gravitação para as marés oceânicas e a temperatura para a maré atmosférica. O trabalho define-se como uma atividade investigativa na qual o Arduino e o conjunto eletrônico utilizado tem o papel de colher os dados automaticamente, assim, um fenômeno que antes só poderia ser tratado qualitativamente na escola, agora pode ser descrito com a precisão dos sensores utilizados.

Outro ponto interessante destacado por Carvalho e Amorim (2014) é que a montagem experimental permite a tomada de medidas de longa duração e alta taxa de amostragem, e, além disso, a “[...] automação elimina o compromisso exacerbado com a obtenção dos dados (que costuma ser supervalorizada em atividades mais ‘tradicionais’ de laboratório) e libera o professor e os estudantes para se concentrarem na discussão e interpretação dos dados obtidos” (CARVALHO; AMORIM, 2014, p. 5).

5.1.2. Controle Remoto: Princípio de funcionamento (parte 1 de 2)

Em Cavalcante, Rodrigues e Bueno (2013), há uma proposta inicial de se trabalhar o funcionamento de uma câmera digital, seus sensores e como é feita a comunicação de um emissor infravermelho, exemplificado por um controle remoto de televisão, e um receptor, representado ali pelo fototransistor acoplado ao computador. O conteúdo principal a ser abordado em sala de aula, conforme este artigo, é a Física Moderna, correlacionando os aspectos ondulatórios e corpusculares das radiações em diferentes situações.

É sugerida como primeira atividade o desmonte de uma câmera digital para discussão do seu funcionamento com os alunos, em seguida, é apresentada uma outra atividade cujo propósito é discutir como se dá a comunicação entre pessoas (por meio das palavras, gestos, etc.) e como ela é realizada entre o controle remoto e o receptor (o LED infravermelho piscando é um código a ser interpretado pelo aparelho receptor). A terceira atividade é a observação dos pulsos emitidos por um controle remoto por meio de um fototransistor e o software Audacity e, então, sua interpretação. Por ser um tema amplo, as autoras dividiram o artigo inicial em dois, sendo que este primeiro tem o papel de introduzir a atividade com a placa Arduino da segunda parte.

5.1.3. Controle Remoto: Princípio de funcionamento (parte 2 de 2)

Na segunda parte, o artigo (CAVALCANTE; RODRIGUES; BUENO, 2014) sugere que o objetivo das atividades propostas estariam na perspectiva de

“[...] propiciar a alfabetização científica com temas mais atuais para a sala de aula” (CAVALCANTE; RODRIGUES; BUENO, 2014, p. 616). O trabalho se propõe a explicar o funcionamento do controle remoto e do código utilizado para sua comunicação, hexadecimal por meio de uma frase binária, e visualizar os comandos e códigos emitidos ao pressionar diferentes teclas de um controle remoto de televisão.

O Arduino e o conjunto chamado “kit controle remoto” entra para facilitar a identificação dos códigos emitidos pelo controle remoto ao mostrar em sua saída serial o sinal já convertido em hexadecimal, automatizando o trabalho feito na primeira parte de maneira manual com o software. Por fim, após a longa discussão e a identificação dos códigos, é sugerida a montagem de um LED RGB que, conectado ao Arduino programado com um código específico e à placa de recepção do “kit controle remoto”, irá acender ou apagar cada luz individualmente. Diferentemente da primeira parte, o artigo não traz claro ao professor como realizar cada atividade com os alunos dentro da sala de aula, atingindo um grau mais técnico e menos pedagógico, mas não sendo menos interessante.

5.1.4. Ilustração de incertezas em medidas utilizando experimentos de queda livre

Em “Ilustração de incertezas em medidas utilizando experimentos de queda livre”, Coluci et al. (2013) utilizam a plataforma Arduino e sensores ópticos para automatizar a coleta de dados do tempo de queda de uma esfera metálica, cuja análise das informações é feita através do uso do software *Processing*. O objetivo do trabalho é utilizar as informações para construir um histograma de medidas para propor uma atividade que estuda a incerteza nas medidas e a função gaussiana. O artigo acaba focando na construção do experimento, mostrando passo a passo da montagem e programação, mas não traz propostas de atividades em sala de aula mais profundas.

5.1.5. Medida de g com a placa Arduino em um experimento simples de queda livre

O artigo de Cordova e Tort (2016) expõe uma maneira diferente do trabalho comentado anteriormente de medir a aceleração gravitacional por meio de um experimento de queda livre, o qual usa contatos elétricos para detectar a queda de um objeto e a placa Arduino para interpretar os dados e fazer a contagem de tempo. Novamente, a publicação se foca mais na montagem experimental e mostra dados reais recolhidos do experimento. Cabe dizer que um dos autores aplicou o experimento em uma escola pública do Rio de Janeiro com alunos do terceiro ano, conforme relatado:

O experimento foi realizado no contraturno quando os alunos permanecem na escola sem a obrigação de estar em sala de aula. Como quase sempre acontece quando os alunos tem a oportunidade de “colocar a mão na massa”, a resposta foi gratificante para o professor. Mas deve ser observado que não foi exigido dos alunos que programassem o microcontrolador. Isto foi feito pelo professor e deste modo os alunos puderam concentrar-se na física envolvida no experimento e no tratamento dos dados que procuramos fazer do modo mais simples possível. Em condições regulares, os autores estimam que duas aulas de 50 minutos seriam suficientes para que os alunos pudessem realizar com eficácia o experimento. Na primeira aula seriam apresentados os fundamentos teóricos e o arranjo experimental dando a oportunidade aos alunos de familiarizarem-se com o processo da medida a ser feita. Na segunda aula, os alunos poderiam então colher os dados e analisá-los (CORDOVA; TORT, 2016, p. 4).

Os autores afirmam ainda que, apesar dos alunos não terem contato com a programação, nada impediria que este assunto fosse introduzido e que eles pudessem ter acesso e manipular o microcontrolador, visto que, no caso do experimento abordado, a programação é simples. Ainda finalizam o artigo citando as possibilidades de uso em um projeto extraclasse, no laboratório de física básica de um curso de graduação ou para um projeto individual.

5.1.6. Experimento de condução térmica com e sem uso de sensores e Arduino

Na publicação “Experimento de condução térmica com e sem uso de sensores e Arduino” (ROSA et al., 2016), derivada do trabalho de Rosa, Giacomelli e Trentin (2014), é oferecida a possibilidade de construção de um experimento do conteúdo de transmissão de calor para discussão do conceito de fluxo de calor, com um tratamento pouco convencional no Ensino Médio. Foram fixas em uma lata duas barras de mesmo tamanho, uma de cobre, outra de alumínio e, dentro desta lata,

havia uma lâmpada incandescente com a função de aquecê-las. Os autores mostram no artigo dois cenários diferentes, um ao aferir a temperatura em pontos distintos da barra por meio de um termômetro e construir um gráfico em um software de planilha eletrônica de cálculo e outra de instalar sensores de temperatura conectados ao Arduino ao longo das barras e colher os dados automaticamente por meio do software Processing. Ao longo da discussão, em ambas as situações os autores não conseguiram alcançar o ponto em que o fluxo de calor fosse estacionário e as medidas de temperatura constantes, provavelmente, conforme afirmaram, porque o tempo de realização do experimento, 25 minutos, não foi suficiente.

É afirmado no corpo do artigo que, “[...] considerando a possível complexidade de um arranjo envolvendo sensores, especialmente em turmas maiores, infere-se a possibilidade de que ela seja realizada de forma demonstrativa” (ROSA et al., 2016, p. 303). Ainda, é citado que a longa duração da atividade experimental pode dificultar a sua utilização em sala de aula, principalmente na Educação Básica, porém, o uso do Arduino e do computador “[...] pode se mostrar como um atrativo para a realização da atividade, assim como desenvolver a curiosidade dos estudantes no que diz respeito ao funcionamento dessas tecnologias” (ROSA et al., 2016, p. 303) e também que existe uma vantagem especial ao utilizar destas tecnologias com relação à precisão na coleta de dados e à sensibilidade dos sensores.

5.1.7. Using an Arduino Seismograph to Raise Awareness of Earthquake Hazard Through a Multidisciplinary Approach

No artigo de Saraò et al. (2016), é relatado uma experiência de implementação de programa educacional italiano utilizando software e hardware livre para uma abordagem multidisciplinar de temas relacionados a terremotos e abalos sísmicos. Conforme é descrito na publicação, o Ministério da Educação, Universidade e Pesquisa do governo italiano desenvolveu um projeto para disseminar a cultura por meio de diferentes iniciativas, uma delas é um programa destinado a educar os estudantes sobre os riscos e a promoção de práticas de segurança para terremotos.

As escolas participantes receberam um equipamento para a medição dos abalos sísmicos, mas, depois de investigar as potencialidades técnicas do equipamento, os estudantes de uma escola de Tolmezzo juntamente com seus professores e profissionais da geofísica, decidiram construir sua própria versão do sismógrafo de baixo custo utilizando Arduino e acelerômetros. A montagem é toda relatada detalhadamente no artigo e foi feita pelos estudantes no contraturno com a orientação do professor de física. A utilização de dois acelerômetros de alta precisão permitiu utilizar o equipamento para medição da velocidade do som, distanciando os sensores um do outro e medindo a vibração do ar ao se bater palmas.

O sismógrafo de baixo custo, contudo, não conseguiu medir a velocidade de uma onda sísmica, devido à alta velocidade destas em relação à distância dos acelerômetros utilizada, cerca de 3 m. No entanto, “[...] no processo de completar a tarefa, os estudantes adquiriram inúmeras habilidades educacionais por meio das palestras que cobriam assuntos técnicos e científicos [dos terremotos] e por meio de aprendizagem experimental” (SARAÒ et al., 2016, p. 190, tradução nossa)⁴. O projeto desenvolvido é citado pelos autores como um exemplo de ferramenta educacional que utiliza software e hardware livres, contribuindo para a formação dos estudantes para a vida em sociedade.

5.1.8. Estações meteorológicas de código aberto: Um projeto de pesquisa e desenvolvimento tecnológico

Também por meio de uma proposta multidisciplinar, a publicação de Silva et al. (2015) apresenta a experiência de um projeto de estação meteorológica no Colégio de Aplicação da UFRGS baseados nos princípios de ciência cidadã e dos recursos educacionais abertos. A justificativa do trabalho baseia-se no ligeiro crescimento mundial da população em ambiente urbano e da necessidade de se monitorar o tempo para evitar catástrofes. O estudo do tempo e do clima na disciplina de física na escola ou na universidade é justificado pelos autores porque para a compreensão dos fenômenos meteorológicos é necessário o

⁴ “In the process of completing the task, the students gained a number of educational skills, through lectures covering technical and scientific subjects and through experiential learning” (SARAÒ et al., 2016, p. 190).

desenvolvimento de competências e habilidades de compreensão da natureza e:

Para tanto, parte-se da premissa de que para progredir no campo conceitual da física atmosférica é fundamental que os estudantes vivenciem situações e problemas que requerem, por um lado, o domínio de conceitos físicos essenciais à compreensão de modelos atmosféricos, tais como: temperatura, pressão, umidade relativa e composição do ar atmosférico, velocidade e direção do vento, tipo e quantidade de precipitação e nuvens (SILVA et al., 2015, p. 2)

No artigo, os autores tiveram o cuidado de enumerar as vantagens de se utilizar tecnologias livres, como o Arduino, o sistema operacional LabFis, baseado no GNU/Linux Debian Wheezy, e a impressora 3D utilizada para reproduzir uma maquete de Porto Alegre para compreensão dos efeitos dos elementos geopaisagísticos sobre o tempo e o clima de cada região. São apresentados os esquemas do protótipo chamado Meteorolog, que utiliza sensores de temperatura, pressão, umidade e luminosidade. É discutida a relação entre essas diferentes variáveis e a sua precisão, ao comparar os dados da estação meteorológica amadora com a estação do Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia em um período de 17 dias, mostrando que a Meteorolog pode fornecer informações suficientemente adequadas sobre o tempo.

5.1.9. Low-cost educational robotics applied to physics teaching in Brazil

Na publicação “Low-cost educational robotics applied to physics teaching in Brazil”, de Souza e Duarte (2015), mostram a experiência do uso da robótica no ensino de física no Instituto Federal do Piauí por meio de atividades desenvolvidas por bolsistas do PIBID (Programa Nacional de Bolsas de Iniciação à Docência). As principais ações do PIBID relatadas pelos autores neste projeto, foram:

- Demonstrações físicas de experimentos simples de materiais de baixo custo, mostrando aos estudantes a teoria discutida em sala de aula;
- A organização de jogos, brincadeiras e competições matemáticas baseadas em tópicos da física que aumentaria a curiosidade dos estudantes e os permitiria um aprendizado fácil por meio do lúdico;
- A responsabilidade de escolher temas a serem desenvolvidos por meio de workshops, encenações, esquetes, mostras e seminários

ou palestras curtas (SOUZA; DUARTE, 2015, p. 484, tradução nossa)⁵.

Ao longo do artigo são apresentadas as fotos da mostra de diferentes robôs construídos, dentre eles, um que utilizava a placa Arduino, e as suas utilidades no ensino de física, no entanto, não há muitos detalhes sobre as outras atividades desenvolvidas e apenas no final do artigo é mostrada uma tabela com o nome dos robôs e o conteúdo de física abordado em sua construção ou funcionamento.

5.1.10. An Experiment on Projectile Motion

Na publicação dos indianos Srivastava, Raghavendra e Ramesh (2015), é proposto um experimento simples de baixo custo para o estudo de três movimentos de projéteis utilizando a plataforma Arduino e sensores para a coleta de dados do experimento. É montada uma estrutura de lançamento de projéteis que permite a mudança no ângulo do lançamento e a ela são acoplados dois fotosensores separados por uma determinada distância, a finalidade destes dispositivos é de iniciar a contagem de tempo quando o projétil passar pelo primeiro e finalizar assim que passar pelo segundo, estes dados serão enviados para o Arduino, que, pré-programado com a distância correta dos sensores, calcula a velocidade do lançamento. Também é utilizado um sensor de contato ligado à uma das portas do Arduino no ponto de impacto do projétil, cuja principal finalidade é de medir o tempo em que este permanece no ar.

Neste artigo, mostram-se as possibilidades de se analisar três tipos de lançamento diferentes: horizontal, oblíquo partindo do chão e oblíquo partindo de uma determinada altura. Como primeira atividade proposta, “[...] o experimento do [lançamento do] projétil horizontal é do tipo exploratório” (SRIVASTAVA; RAGHAVENDRA; RAMESH, 2015, p. 464, tradução nossa)⁶ e começa pelo estudo

5 “(1) physical demonstrations of experiments with simple, low-cost materials, providing students proof of the theory discussed in class;

(2) the organization of games, pranks and thematic competitions based on physics topics that increase students’ curiosity and allow them to learn easily through play;

(3) the responsibility of choosing themes to be developed by means of workshops, drama, skits, exhibitions and seminars or short lectures.” (SOUZA; DUARTE, 2015, p. 484).

6 “The experiment on the horizontal projectile is exploratory type” (SRIVASTAVA, RAGHAVENDRA, RAMESH, 2015, p. 464).

da variação de alcance com relação à velocidade inicial do projétil, com a distância sendo mensurada por meio das marcações do impacto do projétil deixadas em folhas de papel carbono no chão. As várias medições revelam, de acordo com os autores, incertezas de 3% de alcance, 2% para a velocidade e 1% para o tempo de queda. A relação matemática entre as variáveis alcance e velocidade inicial são encontradas por meio da plotagem de um gráfico. Ainda sobre o lançamento horizontal, varia-se a altura inicial e mantêm-se constante a velocidade de lançamento para estudar suas relações por meio de um gráfico construído a partir dos dados coletados.

No experimento do lançamento oblíquo partindo do chão, o equipamento é deslocado de 10° a 80° , realizando lançamentos a cada 5° . Foi construído um gráfico do alcance em relação ao ângulo de lançamento e outro do tempo de lançamento em relação ao ângulo, ambos comparados com os resultados esperados pela teoria. Semelhantemente ao experimento anterior, a atividade do lançamento oblíquo partindo de uma determinada altura foi conduzida da mesma forma, colhendo os dados, construindo os mesmos tipos de gráficos e os comparando com o esperado pela teoria. O artigo finaliza discutindo a precisão alcançada pelos sensores e a possibilidade de se realizar nos laboratórios das universidades experimentos de queda livre e estudo do movimento de um pêndulo a partir de uma montagem experimental semelhante à proposta na publicação.

5.1.11. Maquete didática de um sistema trifásico de corrente alternada com Arduino: ensinando sobre a rede elétrica

No artigo de Viscovini et al. (2015), é apresentada a construção de uma maquete de rede elétrica trifásica, incluindo componentes como gerador, transformador e linhas de distribuição, este trabalho foi resultado de pesquisas desenvolvidas no Mestrado Profissional em Ensino de Física em Maringá e colaboração com o Grupo de Pesquisa em Educação em Ciências e Matemática (EDUCIN) de Londrina. A motivação principal provém da deficiência do Ensino de Física ao estudar o conteúdo de circuitos, sempre em corrente contínua. Os autores afirmam que a maioria do tempo os professores acabam focando muito no assunto da eletrostática ou tratando a eletrodinâmica como se a corrente elétrica só existisse

na forma contínua.

De fato, a maioria dos alunos deixa o ensino médio acreditando que as tomadas de suas residências sejam de corrente contínua e que todos os objetos eletrônicos funcionem com ela. Tem-se ensinado uma física extremamente abstrata, na qual suas aplicações, na maioria das vezes, não são percebidas pelos alunos. No tema de corrente alternada, fazer a correlação do que está sendo estudado com o cotidiano dos alunos é muito simples, já que praticamente todos os objetos eletrônicos de suas casas funcionam utilizando esse tipo de corrente. Daí a necessidade de se propor novas alternativas para o ensino desse conceito, entendendo que sua proximidade com o dia a dia dos alunos pode funcionar como fato motivador, tornando as aulas mais dinâmicas e interativas (VISCOVINI et al., 2015, p. 858).

São explicados, ao longo do artigo, os diferentes componentes a serem utilizados na construção do experimento e os conceitos de corrente alternada, sistema trifásico e transformador. Para simplificação da montagem do circuito, foram utilizados sinais digitais bipolares no terminal de indutores ao invés de um sinal analógico senoidal e o chaveamento dos três transformadores empregando uma versão modificada de uma ponte H. O acionamento dos diversos relés utilizados na montagem são controlados por um Arduino Uno e um potenciômetro ligado a uma entrada analógica controla a frequência da corrente elétrica, a sua inversão é observada por meio de LEDs bicolores que, ora acendem verde quando a corrente está em um sentido, ora acendem vermelho quando ela está em outro. Os autores terminam o artigo comentando o uso de componentes comuns no experimento, o que facilitaria sua replicação, e que testes realizados em sala de aula demonstraram uma boa receptividade dos alunos à maquete. Nesta publicação em específico, o Arduino assume um papel de controlador autônomo dos relés, sem coletar nenhum dado em específico.

5.2. PUBLICAÇÕES EM EVENTOS

Quadro 2 — Principais informações das publicações em eventos analisadas

Autoria	Título	Informações da publicação	Palavras-chave
BERNARDES, Jader; DIEHL, Lisiane.	Medindo distâncias com Arduino	In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 21., 2015, Uberlândia. Atas... São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2016.	Arduino; sensor ultrassônico; distâncias; tempo definido.
CARVALHO, Luiz Raimundo Moreira de; AMORIM, Helio Salim de.	As marés atmosféricas: uma abordagem para o ensino médio a partir de uma atividade experimental investigativa	In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 21., 2015, Uberlândia. Atas... São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2016.	Marés atmosféricas; Arduino; experimento investigativo.
CAVALCANTE, Marisa Almeida; TAVOLARO, Cristiane Rodrigues Caetano; MOLISANI, Elio.	Potencialidades do Arduino na Aprendizagem por Projetos	In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 20., 2013, São Paulo. Atas... São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2013.	Arduino; Tecnologias da Informação e Comunicação; Metodologia de Aprendizagem por Projetos.
HERNANDÉZ, D.; TREJO, H.; ORDOÑEZ, E.	Develoment of an exploration land robot using low-cost and Open Source platforms for educational purposes	In: INTERNATIONAL CONGRESS OF ENGINEERING PHYSICS, 7., 2014, Cidade do México. Journal of Physics: Conference Series, v. 582, n. 1, 2015.	[Não consta]

Autoria	Título	Informações da publicação	Palavras-chave
JUNIOR, Judismar Tadeu Guaitolini; RAMOS, Gabryel Silva; SILVA, Samir Lacerda da.	Avaliação do módulo da aceleração da gravidade local com Arduino	In: ENCONTRO REGIONAL DE EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA DO ESPÍRITO SANTO, 1., ENCONTRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 3., 2014, Serra. Anais... Serra: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, 2014.	Arduino; Queda livre; Física experimental; Ensino de física.
MOLISANI, Elio; TEIXEIRA, Rejane Maria Ribeiro; CAVALCANTE, Marisa Almeida.	Arduino e ferramentas da web 2.0 no ensino de física: um exemplo de aplicação em aulas de óptica	In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 20., 2013, São Paulo. Atas... São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2013.	Arduino; Experimentos de Óptica, WEB 2.0; Tecnologias da Informação e Comunicação; Laboratório Didático.
OLIVEIRA, Marcele Lacerda Sarmento Torrão de; CARVALHO, Luiz Raimundo Moreira de; FIGUEIREDO, Júlio Cesar Pontes de; SOARES, Leon José de Oliveira; VALLE, Mayke Armando do; OLIVEIRA, Fabiano Pereira de; DIAS, Jorge Luiz Gomes; AMORIM, Helio Salim de;	A placa Arduino com <i>ethernet shield</i> e experiências de física realizadas remotamente via rede internet	In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 21., 2015, Uberlândia. Atas... São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2016.	Experimento monitorado via internet; Arduino.

Autoria	Título	Informações da publicação	Palavras-chave
PEREIRA, Alexandre Marcelo; SANTOS, Antônio Carlos Fontes dos; AMORIM, Helio Salim.	Ensinando física das radiações com um contador Geiger baseado em plataforma Arduino	In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 21., 2015, Uberlândia. Atas... São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2016.	Ensino de Física; Formação de Professores; Radiação; Medidor Geiger; Arduino.
ROSA, Álvaro Becker; GIACOMELLI, Alisson; TRENTIN, Marco Antonio S.	Utilização de sensores de temperatura e da placa Arduino como alternativa para um experimento de condução térmica	In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 4., 2014, Ponta Grossa.	Condução de calor; experimentos de Física com Arduino; ensino de física.
TEIXEIRA, Anderson de Castro; CAVALCANTE, Marisa Almeida; BALATON, Mariana.	Novas tecnologias no ensino de física para o estudo das cores: o uso do Scratch for Arduino e Tracker	In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 21., 2015, Uberlândia. Atas... São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2016.	RGB; Espectroscopia; Tracker; Scratch; Arduino.

5.2.1. Medindo distâncias com Arduino

Na publicação “Medindo Distâncias com Arduino” de Bernardes e Diehl (2015), buscou-se uma interação entre o conceito teórico da Física ensinada na escola e a atividade prática por meio de um projeto utilizando um sensor ultrassônico HC-SR04, que funciona como sensor de distância, e a placa microcontroladora Arduino Duemillanove. A programação, que vai converter o tempo do eco do ultrassom em uma distância, é apresentada no corpo do trabalho em sua

íntegra. Em seguida, é relatado um resumo do embasamento teórico que explica os movimentos em um plano inclinado, movimentos retilíneos (uniforme e uniformemente variados) e o movimento oscilatório de um pêndulo simples.

O primeiro experimento proposto é o do plano inclinado, no qual os autores comentam a possibilidade de se acoplar um display ao Arduino a fim de o tornar independente do computador, no entanto, o projeto empregou a porta serial, de forma que seria a maneira mais fácil de manipular estes dados no computador e construir gráficos. É brevemente discutida a distorção aparente dos dados coletados com relação ao fenômeno estudado e o que se pode fazer para diminuir o erro do equipamento, a alternativa sugerida é a alteração do tempo de coleta entre uma medida e outra. Os autores também relatam o mesmo procedimento de coleta de dados e construção de gráfico no computador usando uma ferramenta externa nos experimentos de movimento oscilatório e retilíneo, no entanto, não são expostos mais detalhes profundos sobre a montagem, apenas que “[...] analisou-se o movimento de um objeto aproximando-se e afastando-se do sensor de distância” (BERNARDES; DIEHL, 2015, p. 6).

5.2.2. As marés atmosféricas: uma abordagem para o ensino médio a partir de uma atividade experimental investigativa

O trabalho de Carvalho e Amorim (2015) para o XXI SNEF tem a motivação na prática experimental no Ensino de Física e na dimensão investigativa da ciência, ambas as situações pouco trabalhadas em sala de aula. A proposta desenvolvida nessa publicação, na realidade, é um resumo da dissertação do primeiro autor de Mestrado Profissional em Ensino de Física pela UFRJ, posteriormente comentado aqui, e do artigo “Observando as marés atmosféricas: Uma aplicação da placa Arduino com sensores de pressão barométrica e temperatura” (CARVALHO; AMORIM, 2014), anteriormente comentado nesta monografia. Os autores baseiam-se na investigação de um fenômeno conhecido como “marés atmosféricas”, que seriam variações oscilatórias na pressão atmosférica local. Um sensor de pressão, conectado à placa Arduino, realiza as medições e faz o processamento dos dados registrados nas cidades de Niterói e Teresópolis. A análise apurada dos gráficos obtidos pelos autores fornece subsídios

para relacionar a maré atmosférica com o efeito térmico do Sol, diferente da maré marítima, regida pelo efeito gravitacional da Lua.

5.2.3. Potencialidades do Arduino na Aprendizagem por Projetos

Em “Potencialidades do Arduino na Aprendizagem por Projetos”, de Cavalcante, Tavoraro e Molisani (2013), é apresentado um conjunto de ideias e estratégias adotadas com estudantes e professores de escolas públicas e com estudantes de nível superior do curso de Ciência da Computação da PUC/SP. A metodologia utilizada é a aprendizagem por projetos com influências epistemológicas de Vygotsky, Ausubel e Paulo Freire. A proposta metodológica aplicada para os estudantes e professores do Programa de Iniciação Científica Júnior é vinculada à Escola de Ciência e Tecnologia Marcelo Damy da PUC/SP, cujo principal objetivo é “ [...] desenvolver recursos e métodos utilizando os laptops educacionais e/ou PCs como instrumento de aprendizado em laboratórios de Ciências” (CAVALCANTE; TAVOLARO; MOLISANI, 2013, p. 4).

O projeto leva estes estudantes e seus professores ao espaço da universidade e são desenvolvidas atividades de criação de blogs, que servirão de diário para apresentar o estudo dos grupos, oficinas de capacitação para a utilização do Arduino e sua linguagem de programação, entre outros temas pertinentes. Já no curso de Ciência da Computação, as atividades não são extracurriculares como na Escola Damy, então parte da carga de aulas do curso foi utilizada na aplicação desta metodologia. Os grupos formados pelos alunos foram orientados a defender um projeto inicial, em seguida, foram realizadas oficinas de Arduino para fornecer a base necessária para a criação dos projetos. Depois os alunos apresentaram os resultados parciais desenvolvidos e, no final do semestre, os estudantes expuseram em sessão de comunicação oral os projetos já em funcionamento e os artigos e pôsteres desenvolvidos.

5.2.4. Develoment of an exploration land robot using low-cost and Open Source platforms for educational purposes

A publicação apresentada pelos mexicanos Hernández, Trejo e

Ordoñez (2015) para o *VII International Congress of Engineering Physics* relata a construção de robôs com as plataformas Arduino e Raspberry Pi e sua viabilidade de utilização em escolas com baixo orçamento e universidades, visto que os kits de robótica prontos no mercado costumam ter um preço não muito acessível. Os autores apresentam os robôs como uma oportunidade de demonstrar e ensinar física na sala de aula e desenvolver as habilidades de resolução de problemas dos alunos, além de ajudá-los a entender as aplicações dos conceitos que eles estão aprendendo. O trabalho gira em torno da construção de um robô com mobilidade e expõe os preços médios dos componentes utilizados para defender a ideia do experimento de baixo custo. No entanto, a descrição de sua aplicação pedagógica é bastante limitada, compreensível para uma publicação de autores que não estão diretamente ligados ao Ensino de Física.

5.2.5. Avaliação do módulo da aceleração da gravidade local com Arduino

O trabalho de Junior, Ramos e Silva (2014) relata a construção de um equipamento que permite a medição do módulo da aceleração da gravidade local por meio da queda livre de um corpo. A publicação justifica a concepção do dispositivo como “[...] uma alternativa de baixo custo tendo em vista os elevados preços de equipamentos didáticos praticados por grandes empresas” (JUNIOR; RAMOS; SILVA, 2014, p. 2), outro argumento levantado é o de que deve haver uma incorporação da tecnologia no Ensino de Física, e uma das maneiras de se realizar isto é por meio de atividades que tragam um contato do aluno e professor com a eletrônica e a linguagem de programação. O equipamento é formado por uma haste a qual são fixados uma série de anéis metálicos, por onde o objeto irá cair, e, acoplado a estes anéis, estão pares de emissores e receptores infravermelhos conectados a um Arduino Mega a qual também é vinculado um painel LCD, cuja função é informar o tempo de queda com a precisão na casa dos milissegundos. Não há detalhes maiores do código da programação ou de dados reais obtidos por meio do dispositivo, mas os autores afirmam que pretendem “[...] redigir um texto mais completo, apresentando mais ilustrações, o código de programação e gráficos com os resultados obtidos para buscar uma publicação em revista especializada [...]” (JUNIOR; RAMOS; SILVA, 2014, p. 7).

5.2.6. Arduino e ferramentas da web 2.0 no ensino de física: um exemplo de aplicação em aulas de óptica

Molisani, Teixeira e Cavalcante (2013) expressam em sua publicação no XX SNEF diferentes possibilidades de uso das TIC na elaboração de atividades para o laboratório de Física do Ensino Médio. A motivação é o rápido avanço da informática e da tecnologia e a necessidade de implementação destes recursos no ensino escolar, no entanto, os autores reconhecem que “[...] o uso de tais recursos é dificultado devido ao elevado custo dos softwares educacionais ou dos kits experimentais oferecidos por empresas que os desenvolvem” (MOLISANI; TEIXEIRA; CAVALCANTE, 2013, p. 1), como solução alternativa e de baixo custo, é sugerida a utilização da placa microcontroladora Arduino.

O material contido no trabalho foi pensado para auxiliar o processo educacional e é sugerido que os alunos que irão manipular estes apetrechos sejam organizados em grupos de trabalho. A utilização dos termos “potencialmente significativo” em várias passagens explicita a orientação pedagógica dos autores, baseada nas ideias de Marco Antonio Moreira e na Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel. Os pesquisadores sugerem que o professor crie roteiros experimentais e utilize ferramentas que permitem um maior grau de interatividade dos alunos, como simuladores e texto, e incentive o compartilhamento de dados, por meio de serviços como o Google Drive, por exemplo, defendendo que “[...] a redução do tempo de coleta de dados acarretará em maior tempo para a interpretação e discussão dos resultados obtidos” (MOLISANI; TEIXEIRA; CAVALCANTE, 2013, p. 4).

A primeira atividade proposta chama-se “Sensor de Luz” e consiste na leitura dos dados fornecidos por um LDR ao Arduino quando exposto a um LED. A segunda proposta recebeu o nome de “Caixa de Cores” e é formada por três LEDs (azul, vermelho e verde) que podem ser controlados individualmente dentro de uma caixa revestidos com papel vegetal, a fim de fazer a difusão da luz gerada, assim, é possível visualizar a mistura das luzes discutir a percepção que temos das cores. A terceira atividade é uma lâmpada incandescente que ilumina uma superfície pintada

de preto e outra de branco, a estas estão ligados sensores de temperatura LM35 que, conectados ao Arduino, enviam sinais informando a temperatura das superfícies, que é mostrada em uma tela de LCD.

5.2.7. A placa Arduino com ethernet shield e experiências de física realizadas remotamente via rede internet

Oliveira et al. (2015) esclarecem por meio de sua publicação a perspectiva de utilizar um escudo *ethernet* para monitoramento remoto de dados coletados pelo Arduino e discutem a possibilidade de automação e controle de um experimento a distância. O trabalho discute amplamente os aspectos técnicos do Arduino e do escudo *ethernet* – o que não convém citar detalhadamente aqui – e, ao final, mostra um exemplo de aplicação na medição do tempo de propagação de uma onda sonora, por meio de sensores ultrassônicos, e a relação da velocidade do som com a temperatura, captada por um termistor NTC. O artigo é finalizado com o pensamento de que “[...] no momento, exemplos práticos de aplicações de recursos de instrumentação para o ensino de acesso remoto, via rede, é muito incipiente, mas as perspectivas são muito boas” (OLIVEIRA et al., 2015, p. 7).

5.2.8. Ensinando física das radiações com um contador Geiger baseado em plataforma Arduino

Em “Ensinando Física das Radiações com um Contador Geiger Baseado em Plataforma Arduino”, Pereira, Santos e Amorim (2015) oferecem uma abordagem diferente para o estudo das radiações no Ensino Médio, assunto que geralmente é relacionado às catástrofes, causa medo e espanto na população leiga. O trabalho faz um comentário sobre os principais acidentes nucleares que ocorreram no mundo e esclarece também o processo de irradiação dos alimentos e a radiação ionizante do sol, desmistificando o aspecto de que todo e qualquer tipo de radiação é nociva. Posteriormente, os autores mostram o funcionamento de um contador Geiger-Müller e, devido à inviabilidade de comprar um medidor Geiger comercial, decidem fazer um próprio, baseado na plataforma aberta Arduino. Após pesquisas em comunidades de entusiastas em projetos, Pereira, Santos e Amorim (2015), entraram em contato com um administrador de um desses grupos e, após algumas

trocas de e-mail, decidiram comprar um kit pré-programado para atender às necessidades deles. Conforme os autores:

Este trabalho tem como cunho central proporcionar aos docentes de Física uma ferramenta que facilite e estimule o ensino do Tema Estruturador 5: Matéria e radiação (PCN+) através de medições experimentais simples de serem realizadas. Apesar de constar no último capítulo dos mais variados livros de Física do 3º ano do ensino médio, sua abordagem geralmente fica a cargo de outra disciplina: Química (PEREIRA; SANTOS; AMORIM, 2015, p. 5).

O projeto então foi motivado para mudar essa ocorrência no Ensino de Física. As atividades foram divididas em dois conjuntos, um a ser realizado em sala de aula e outro no contraturno, este primeiro teve o objetivo de medir a radiação de fundo e a radiação emitida pela areia monazítica, analisar a influência de absorvedores e seus tipos (cobre e chumbo) e especificações. O segundo conjunto de atividades extraclasse foi a comparação dos níveis de radiação de fundo ao longo de uma viagem do Rio de Janeiro (ao nível do mar) à cidade de Teresópolis (aproximadamente 950 m de altitude), relacionando o aumento da altitude e diminuição da camada atmosférica à diminuição da proteção terrestre às radiações cósmicas.

5.2.9. Utilização de sensores de temperatura e da placa Arduino como alternativa para um experimento de condução térmica

Rosa, Giacomelli e Trentin (2014) publicaram para o IV Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia um trabalho experimental sobre condução do calor, o qual, mais tarde, lhes rendeu um artigo na revista no Caderno Brasileiro de Ensino de Física (ROSA et al., 2016). A publicação discorre sobre aspectos fundamentais e conceituais para explicar como se dá a transmissão de calor por condução e inclusive apresenta a equação matemática que descreve o fluxo de calor em um material isotrópico, algo pouco comum de ser trabalhado no Ensino Médio. O experimento é construído a partir de uma barra de cobre, uma barra de alumínio de mesma dimensão e uma lâmpada incandescente, que aquecerá a ponta das duas barras, fixadas dentro de uma estrutura apropriada. A atividade foi desenvolvida de duas maneiras distintas, utilizando termômetros convencionais distribuídos ao longo das barras e com sensores de temperatura

ligados ao Arduino. Há uma comparação entre os dados obtidos pelos termômetros convencionais e o resultado dos sensores, que colhiam muito mais dados em menos tempo, os autores comentam sobre o experimento que:

Além disso, o uso de tecnologias, ainda que de forma demonstrativa, remete o aluno a uma aproximação da escola com as situações vivenciais e cotidianas. Nesse caso, em vez de permanecer por mais de 20 minutos anotando valores, como na experiência realizada com os termômetros, o estudante irá observar o gráfico sendo traçado automaticamente, e o professor, como mediador, conduzirá as discussões que forem surgindo a partir do comportamento da curva no gráfico (ROSA; GIACOMELLI; TRENTIN, 2014, p. 10-11).

5.2.10. Novas tecnologias no ensino de física para o estudo das cores: o uso do Scratch for Arduino e Tracker

A publicação de Teixeira, Cavalcante e Balaton apresenta um experimento de baixo custo que trata sobre a espectroscopia e o processo RGB de produção de cores. O trabalho discorre sobre a importância do computador, a placa Arduino e suas potencialidades, o software Scratch e Scratch for Arduino, uma maneira de simplificar a programação para crianças, e o Tracker, um software livre para análise de imagens e vídeos. Os autores levantam as principais ideias e conceitos sobre formação da luz, percepção da luz e cores.

O experimento relatado consiste em uma câmara escura com uma fenda, na qual a luz produzida por LEDs conectados ao Arduino penetra e passa por um CD, que serve como rede de difração, do outro lado é feito um buraco, a fim que se possa tirar fotos do espectro. A foto então é transferida ao computador e por meio do software Tracker é feita uma análise e cálculo do comprimento de onda utilizando a relação de Young. São expressas em tabelas os diferentes valores dos comprimentos de onda obtidos para as cores primárias e secundárias. De acordo com os autores, “[...] a montagem do experimento é bastante simples e os materiais utilizados são de fácil aquisição. Não é necessário o uso de soldas ou placas de circuito impressos o que torna prático para ser executado mesmo em uma sala de aula comum” (TEIXEIRA; CAVALCANTE; BALATON, 2015, p. 8).

5.3. DISSERTAÇÕES

Quadro 3 — Principais informações das dissertações analisadas

Autoria	Título	Informações da publicação	Palavras-chave
CARVALHO, Luiz Raimundo Moreira.	Variações diurnas na pressão atmosférica: um estudo investigativo baseado na utilização da placa Arduino	2014. 234 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Programa de Pós Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.	Física – ensino e aprendizagem; pressão atmosférica; atividade experimental investigativa.
DWORAKOWSKI, Luiz Antônio de Quadros.	Construção e interpretação de gráficos da cinemática: uma proposta para o ensino médio politécnico	2015. 114 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade Federal do Pampa, Bagé.	Ensino Médio Politécnico; Gráficos em Cinemática; Ensino de Física.
FERREIRA, Paulo Jorge Craveiro.	Arduino Science Kits: Plataforma Open-Hardware para práticas laboratoriais no ensino de Ciências Experimentais	2015. 122 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas e Tecnologias de Informação para Organizações) – Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu, Instituto Politécnico de Viseu, Viseu.	[Não consta]

Autoria	Título	Informações da publicação	Palavras-chave
FILHO, Gilberto Fetzner.	Experimentos de baixo custo para o ensino de Física em Nível Médio usando a placa Arduino-UNO	2015. 216 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Programa de Pós Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.	Experimentos de Física de baixo custo; Ensino de Física; Arduino.
LUCIANO, Ana Paula Giacomassi.	A utilização da robótica educacional com a plataforma Arduino: uma contribuição para o ensino de Física	2014. 150 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência e a Matemática) – Programa de Pós Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, Universidade Estadual de Maringá, Maringá.	Robótica Educacional; Arduino; Ensino de Física; Construcionismo; Torque.
RODRIGUES, Rafael Frank de.	Arduino como uma ferramenta mediadora no ensino de Física	2014. 90 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.	Física; Arduino; Vygotsky; teoria de projetos; estação meteorológica e aquisição d dados automáticos.

Autoria	Título	Informações da publicação	Palavras-chave
SANTOS, Elio Molisani Ferreira.	<i>Arduino: Uma ferramenta para a aquisição de dados, controle e automação de experimentos de óptica em laboratório didático de física no Ensino Médio</i>	2014. 192 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.	Arduino; Experimentos de Óptica; WEB 2.0; Tecnologias da informação e comunicação; Laboratório didático.

5.3.1. Variações diurnas na pressão atmosférica: um estudo investigativo baseado na utilização da placa Arduino

A dissertação de mestrado de Carvalho (2014) apresenta uma análise do comportamento das marés oceânicas e uma comparação do fenômeno com as marés atmosféricas por meio de uma atividade experimental investigativa. A motivação do trabalho se dá inicialmente pelas recomendações dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, em seguida, justificada pelo documento de Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, que, em um determinado trecho, ressalta a importância da experimentação no ensino de Física. Também são expressas as considerações contidas nas Orientações Curriculares para o Ensino Médio, documento que esclarece algumas configurações pretendidas para o novo Ensino Médio.

Após isso, Carvalho (2014) discute os principais referenciais teóricos e metodológicos que oferecem suporte à uma atividade de ensino investigativa, dentre eles, destaca-se a Epistemologia Genética de Piaget e a Teoria de Aprendizagem Sócio-Interacionista de Vygotsky. A dissertação coloca também algumas explicações sobre as principais diferenças entre um laboratório tradicional e uma atividade investigativa. O autor escreve sobre o fenômeno das marés atmosféricas e discrimina dez livros de física e analisa se eles contêm os conteúdos de: gravitação, marés oceânicas, temperatura e pressão de um gás, pressão

atmosférica, experiência de Torricelli, atmosfera terrestre e oscilações da pressão atmosférica. Também são classificados de acordo com o tipo de abordagem destes conteúdos (ampla, restrita ou inexistente).

A causa das marés oceânicas, a história do seu estudo e o modelo que descreve seu comportamento são detalhados e, em seguida, é feita uma analogia das marés oceânicas com as marés atmosféricas, tentando identificar se sua causa também é de origem gravitacional. Essa questão é encarada pelo autor como uma situação-problema rica do ponto de vista didático. A história da pressão atmosférica, o nascimento desse conceito e sua relação com a altitude são explicadas. No quarto capítulo da dissertação, Carvalho (2014) discorre sobre as dificuldades de construção de um barômetro manual e a opção em automatizar o processo de aquisição de dados da pressão atmosférica por meio de um barômetro digital (sensor BMP085), uma placa de prototipagem eletrônica Arduino Uno e um escudo (*shield*) para transferir e armazenar os dados em um cartão SD.

É exposto os resultados das variações da pressão em Niterói e Teresópolis, no Rio de Janeiro, e são comparadas as pressões previstas pelo modelo teórico e as pressões médias aferidas nos experimentos, conjuntamente, o autor estabelece a relação entre a temperatura e as marés atmosféricas. Carvalho (2014) fornece ainda uma série de questões que podem ser trabalhadas em sala de aula sobre o experimento e o fenômeno estudado. Também são comparadas as informações da pressão atmosférica em diferentes lugares do mundo. No final da dissertação, é informado que um piloto do projeto foi aplicado na Escola Técnica Estadual Henrique Lage e são relatadas as opiniões de alguns estudantes que tiveram aulas seguindo o roteiro didático proposto no anexo da dissertação.

5.3.2. Construção e interpretação de gráficos da cinemática: uma proposta para o ensino médio politécnico

A dissertação de mestrado profissional de Dworakowski (2015) retrata a experiência de um projeto realizado na Escola Estadual de Ensino Médio Jerônimo Mércio da Silveira, em Candidota, no Rio Grande do Sul, no ano de 2013. O referencial teórico apresentado logo no primeiro capítulo é a Teoria de

Aprendizagem Significativa de Ausubel e a Teoria Sócio-Interacionista de Vygotsky e seu conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal. No segundo capítulo, o autor faz algumas revisões de trabalhos que tratam do ensino de gráficos, julgando-os como importantes instrumentos para a Física. Dworakowski (2015) também cita um trabalho com aplicação na Cinemática utilizando TICs para o estudo de gráficos e a plataforma Arduino.

Em sua dissertação, o autor propõe uma Unidade Didática a ser desenvolvida nas aulas do Ensino Médio Politécnico dentro do assunto de gráficos em um programa de reestruturação do Ensino Médio chamado de Seminário Integrado. Conforme Dworakowski (2015), a Unidade Didática foi implantada em dois módulos, o primeiro, abordando o estudo do plano cartesiano em 9 horas-aula e o segundo, destinado à construção e interpretação de gráficos destinados à Cinemática, desenvolvido em 11 horas-aula. É relatada a participação de 39 estudantes de duas turmas do 1º ano do Ensino Médio (uma com 22 e outra com 27 alunos). Na dissertação, afirma-se que a Unidade Didática foi feita de modo a progredir em um nível crescente de dificuldade, atendendo à diferenciação progressiva e à reconciliação integradora da teoria de Ausubel.

Antes da realização das atividades planejadas foi feito um pré-teste com a turma para obtenção de conhecimentos prévios sobre análise e interpretação de gráficos. A primeira atividade deu-se em torno de um jogo de batalha naval jogado em duplas, conforme a aceção de aprendizagem de Vygotski, de forma ao aluno mais qualificado auxiliar o colega que estiver entendendo menos. A segunda atividade consistia em um plano cartesiano montado no mapa da região sudeste do Rio Grande do Sul, no qual os alunos deveriam estabelecer as coordenadas de determinados pontos designados do mapa. Como parte desta atividade, ainda propôs-se exercícios envolvendo distância entre pontos e uma situação-problema do mesmo assunto, que seria reproduzida no pátio da escola, em um plano cartesiano montado com cordas e trenas para comprovar o resultado obtido em sala de aula.

A atividade 3 consistia na observação de um carrinho automatizado pela placa Arduino e uma análise de seu movimento por meio de gráficos e da medição da sua velocidade com marcações no chão. Após as discussões,

Dworakowski (2015) relatou que cada grupo fez uso do carrinho automatizado para reproduzir os movimentos plotados em diferentes gráficos. Depois, foi realizado um pós-teste com o objetivo de verificar a aprendizagem. Como encerramento, os alunos foram introduzidos à plataforma Arduino, um sensor ultrassônico de distância e ao software PLX-DAQ, cujos objetivos seriam de possibilitar a análise em tempo real do movimento de um carrinho. Os grupos de alunos tiveram o objetivo de lidar com estas ferramentas e comparar a reprodução dos gráficos de movimento com o carrinho automatizado com as medidas aferidas pelo sensor. O projeto foi aplicado com o auxílio de três bolsistas do PIBID subprojeto Física.

5.3.3. Arduino Science Kits: Plataforma Open-Hardware para práticas laboratoriais no ensino de Ciências Experimentais

Ferreira (2015) apresenta em sua dissertação uma plataforma que permite a execução de diferentes experimentos de Física utilizando Arduino, a causa para essa pesquisa ser realizada é o custo elevado de kits didáticos de experimentos de física prontos no mercado português. O autor primeiramente faz um panorama de todas as propostas comerciais de experimentos e as classifica segundo a presença ou não de alguns itens, como aplicativo de computador, aplicativo de celular, exportação de dados, etc. Depois, são expostas quatro propostas não-comerciais utilizando Arduino e comparadas quanto ao número possível de atividades, a necessidade de software externo, se há aplicativos Android vinculados, etc.

O autor dedica um capítulo inteiro para explicar o que é o método científico, como funciona a regressão linear e não linear e o que é o sistema internacional de unidades, mostrando um referencial teórico pouco preocupado com a questão pedagógica. Ferreira (2015) ainda expõe as diferentes bibliotecas de funções necessárias para o funcionamento de sua plataforma e os programas auxiliares do Windows e do Android. Também foram citados e explicados todos os sensores utilizados no projeto – sensor piezoelétrico, termistor, sensor de temperatura analógico, sensor de distância ultrassônico, LED e módulo Bluetooth.

Ferreira (2015) dispõe em sua dissertação todos os detalhes

técnicos de seu aplicativo desenvolvido para Windows e Android para o controle das portas digitais e analógicas do Arduino e do sistema de plotagem de gráficos no computador. Ao final, mostra algumas atividades desenvolvidas com o uso de seu software, uma de queda livre (Windows e Android), outra de análise do movimento vertical de queda e ressalto de uma bola (Windows e Android), outra de um plano inclinado (Windows e Android) e de acelerômetro (Android), também conta com um modo de colhimento e análise de dados de projetos que não atendem às especificações dos anteriores (Windows). Em todas as atividades mostradas não houve a exposição completa do hardware ou da montagem eletrônica das atividades, apenas capturas de tela do software e, em anexo, uma breve explicação de quais sensores são utilizados em cada atividade. O autor aponta que os aplicativos para Windows foram testados com um grupo de 15 alunos do 10º ano da Escola Secundária de Santa Comba Dão. Ferreira (2015) finaliza seu trabalho dizendo que as plataformas e aplicativos construídos são eficientes, mas ainda são necessários vários testes, além disso, sugere melhorias nos protocolos utilizados, a tradução do software para outras línguas e a possibilidade de acoplamento de sensores diferentes dos já utilizados.

5.3.4. Experimentos de baixo custo para o ensino de Física em Nível Médio usando a placa Arduino-UNO

Filho (2015) discorre em sua dissertação uma proposta de ensino voltada à Cinemática e Dinâmica partindo de experimentos de baixo custo com aquisição automática de dados em tempo real utilizando a placa Arduino e uma interface desenvolvida na linguagem Python. O segundo capítulo faz uma revisão dos trabalhos e estudos já feitos sobre a aquisição automática de dados utilizando o computador (por meio da placa de som ou de jogos) e também sobre a aquisição automática de dados utilizando a placa Arduino. A fundamentação teórica que subsidia o produto educacional desenvolvido na dissertação é a Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel e a identificação daquele como um material instrucional potencialmente significativo e um recurso educacional aberto, ou seja, que pode ser replicado, modificado e distribuído sem ser restrito por rígidas licenças de uso.

No corpo do trabalho constam guias pedagógicos desenvolvidos para auxiliar os professores, guias de atividades experimentais para os alunos, circuito eletrônico do equipamento para aquisição de dados, software em C/C++ para a coleta de dados, Software em Python para as representações gráficas e vídeo-tutoriais das montagens. Os objetivos de aprendizagem propostos pelo autor englobam os conteúdos de velocidade média e velocidade instantânea, movimento uniforme, movimento uniformemente variado, aceleração de queda livre e conservação de energia. O primeiro equipamento elaborado para a realização das atividades é o conjunto de sensores ópticos acoplados a uma barra roscada, o segundo, consiste em um sensor ultrassônico medidor de distâncias.

Filho (2015) expõe ainda três modelos diferentes de circuitos modulares (*shields*) para Arduino Uno, Arduino Mega ou Arduino Duemillanove a serem utilizados nas diferentes atividades apresentadas. O primeiro, realizado em duas versões diferentes, chamado *Shield* Galileu Cronômetro, tem a utilidade de reunir os dados enviados pelos sensores ópticos. O segundo, também feito em duas versões diferentes, denominado *Shield* Galileu Cronômetro Líquidos apresenta a mesma funcionalidade do *Shield* Galileu Cronômetro, porém é aplicado a um experimento que mensura o tempo de subida ou descida de uma esfera dentro de uma coluna com líquido. O último, *Shield* Galileu Ultrassônico, utiliza um conector USB para receber o sinal analógico do sensor ultrassônico HC-SR 04, novamente desenvolvido em duas versões. Os programas do Arduino e o programa de representação gráfica dos dados no computador, desenvolvido em Python, estão anexados à dissertação. A aplicação da proposta didática foi realizada na Escola Técnica Estadual Frederico Guilherme Schmidt, no município de São Leopoldo, no Rio Grande do Sul em 2014 em duas turmas do 1º ano do curso de Eletromecânica Integrado ao Ensino Médio. Filho (2015) afirma que foram elaboradas sete aulas, sendo previstos 17 períodos, no entanto, a proposta foi estendida em 19 períodos.

A primeira atividade envolvia uma situação-problema de um vídeo e a medição da velocidade instantânea e média de um carrinho descendo por um plano inclinado, durante esta, os alunos elaboravam hipóteses e as testavam no experimento. A segunda aula começava com uma exposição teórica sobre movimento uniforme e, em seguida, era mostrado um vídeo problematizador, a

tarefa de construção de gráficos pelos alunos e a realização do experimento de medição da velocidade de uma esfera abandonada em uma coluna de líquido. A terceira aula utilizou-se novamente o plano inclinado para a discussão do movimento uniformemente variado. A quarta aula, continuação do estudo do movimento uniformemente acelerado, teve a presença de outro vídeo como situação-problema e o teste das hipóteses dos alunos sobre um determinado problema. A quinta aula teve o objetivo de fixar as propriedades gráficas relacionadas a declividade de um gráfico de posição em função do tempo utilizando o *shield* ultrassônico. Na sexta aula, foram utilizados textos e o experimento dos sensores ópticos para o estudo da queda livre. A sétima e última aula, dedicada ao estudo de energia, contou com um questionário e uma análise dos experimentos feitos pelos alunos nas aulas anteriores sob uma ótica diferente e a realização dos experimentos de queda livre utilizando materiais diferentes e a discussão da influência destes na variação da energia mecânica.

5.3.5. A utilização da robótica educacional com a plataforma Arduino: uma contribuição para o ensino de Física

No trabalho de Luciano (2014), observa-se um foco diferente do uso do Arduino, ao invés de tratá-lo como um meio de obtenção de dados por meio de sensores, ele serve aqui para o desenvolvimento de um projeto de Robótica Educacional dentro do conteúdo de torque. A autora disserta que na área de Ensino de Física poucos são os trabalhos que tratam da afetividade e comenta que a ferramenta educacional da robótica pode favorecer a afetividade e aprendizagem. No primeiro capítulo, Luciano (2014) versa sobre como se dá a construção do conhecimento e utiliza como referencial teórico o Construcionismo de Papert, uma revisão do Construtivismo de Piaget para uma interação por meio de uma ferramenta, como o computador. A autora ainda comenta os kits de robótica mais conhecidos no mercado e faz a diferenciação entre os conceitos de autômato e robô. Em seguida, são descritos detalhes do surgimento e funcionamento da plataforma Arduino e suas aplicações no ensino e sua relação com o pressuposto teórico do Construcionismo, também são detalhados e classificados alguns tipos de sensores e motores.

No segundo capítulo, há um foco na metodologia de investigação e como a pesquisa e a aplicação irá se desenrolar. Participaram do projeto seis alunos do segundo ano do Ensino Médio de uma rede pública de ensino pertencente ao Núcleo Regional de Maringá e foram realizados encontros semanais com duração de 4 horas-aula e no terceiro capítulo, apresentam-se as práticas realizadas. Na primeira atividade, colocou-se a problemática da construção de um robô com características de um inseto e, com os alunos divididos em duplas, foram levantadas questões sobre robótica e autômatos para verificar as concepções prévias dos estudantes. A segunda atividade desenvolvida, com a duração de três aulas, abordava a história da robótica. A discussão dos autômatos e suas características foram feitas na terceira atividade, novamente com a duração de três aulas. Na quarta atividade, foram discutidos diferentes aspectos e as finalidades de um sensor, além da exposição aos alunos de diversos sensores.

Discutiu-se com os alunos durante quatro aulas a necessidade de construção de um circuito elétrico e a montagem de um circuito pelos próprios estudantes. A sexta atividade, de duração de três aulas, tratava dos motores e retomava o tema “torque”, fazendo os alunos buscarem o entendimento da grandeza física responsável pela transferência de energia de rotação do motor para a transmissão em um carro. A sétima e oitava atividades consistiam na construção de um robô inseto, a primeira referente à parte mecânica e a segunda à parte eletrônica. A nona atividade realizada foi dedicada à programação do robô utilizando a IDE Arduino 1.0.3. A décima e última atividade foi dedicada ao teste do robô e calibração dos servomotores para verificar o máximo deslocamento angular das patas do robô sem danos à estrutura mecânica.

Os dados coletados na pesquisa sobre os alunos e suas falas permitiram a constituição de quatro categorias diferentes analisando a relação afetiva com a Física, a presença de assuntos relacionados aos conteúdos de Física no cotidiano dos estudantes, concepções levantadas sobre o conteúdo de torque e o envolvimento dos estudantes com relação à robótica educacional. Luciano (2014) traz nos apêndices de sua dissertação a proposta da sequência didática em sua integralidade, aos moldes do que foi aplicado, os textos de apoio, os roteiros de entrevista final e inicial e os códigos das programações e esquemas das montagens.

5.3.6. Arduino como uma ferramenta mediadora no ensino de Física

Rodrigues (2014) propõe em sua dissertação de mestrado profissional a construção de uma estação meteorológica microcontrolada utilizando Arduino, aplicada em alunos do terceiro ano do Curso Técnico em Informática na disciplina de Técnicas de Programação. O autor faz uma revisão de alguns trabalhos relacionados à utilização de novas tecnologias computacionais no Ensino de Física, aquisição automática de dados e uso de microcontroladores. Rodrigues (2014) nota ainda que há muitas publicações evidenciando o Arduino como uma ferramenta de baixo custo, mas poucos são os textos que abordam o Arduino como ferramenta mediadora do Ensino de Física.

O autor afirma que a fundamentação teórica do trabalho baseia-se na Teoria Sócio-Interacionista de Vygotsky e as ideias da pedagogia de projetos proposta por Hernández. Discorre-se ainda sobre a modalidade dos materiais que mediarão o aluno ao desenvolvimento, e que estes materiais podem ter suas capacidades de mediação potencializadas se tiverem licenças que permitam sua modificação e disponibilização, como materiais que seguem os conceitos de Recursos Educacionais Abertos, sendo um exemplo deles, a placa Arduino.

No quarto capítulo, Rodrigues (2014) comenta a metodologia utilizada no desenvolvimento e aplicação do produto educacional, e informa que os alunos já começaram o projeto com algumas noções básicas do funcionamento do Arduino, realizando quatorze encontros de dois períodos cada no horário da disciplina de Técnicas de Programação. O autor reforça o procedimento didático baseado na pedagogia por projetos e divide-o em três etapas. A primeira, realizada com os alunos separados em cinco grupos (quatro duplas e um trio) consistia na pesquisa sobre o tema da estação meteorológica, o que é meteorologia e quais os instrumentos utilizados. Na segunda etapa, os alunos ainda divididos começaram a trabalhar com o Arduino em atividades diferentes que envolviam relatórios e apresentações sobre os sensores e instrumentos: termômetro, heliógrafo, barômetro, anemômetro, biruta, higrômetro e pluviômetro. A terceira e última etapa

consistia na montagem e apresentação da estação meteorológica em si.

Rodrigues (2014) registra que foram utilizados mapas conceituais e, ao longo das atividades, os alunos escolhiam e comparavam diferentes sensores a fim de escolher qual o melhor aparato para cumprir o papel dos instrumentos utilizados na meteorologia padrão. A estação meteorológica pronta foi instalada no pátio da escola e, conforme o autor, o valor de temperatura, pressão e umidade relativa do ar não variaram mais que 10% no início da instalação em comparação com os dados do IMPE, entretanto, com o passar do tempo, os valores apresentaram discrepância de aproximadamente 30%. Rodrigues (2014) utilizou como instrumento de avaliação dos alunos uma série de questionários e mapas conceituais realizados antes e depois da aplicação do projeto, todos disponíveis no corpo da dissertação. O autor observa também as vantagens de se utilizar o Arduino, visto que o custo da montagem da estação meteorológica variou de 214 a 439 reais e compara com um kit comercial simples de plano inclinado (sem sensores) custando na média de R\$ 450,00.

5.3.7. Arduino: Uma ferramenta para a aquisição de dados, controle e automação de experimentos de óptica em laboratório didático de física no Ensino Médio

Na dissertação de Santos (2014), são propostas sequências de atividades para o estudo introdutório da Óptica com o uso da placa Arduino com as ferramentas WEB 2.0 na elaboração de atividades experimentais de Física para o Ensino Médio. A motivação da escolha deste tema de estudo se dá pela má utilização do computador na maioria das escolas, que acaba servindo apenas para transpor textos em formato digital. Conforme Santos (2014, p. 11), a internet nos traz a possibilidade do “[...] compartilhamento de informações, o cruzamento de dados, o uso de simulações, permitindo ao texto eletrônico, ou hipertexto, apresentar uma nova forma de linguagem, síntese e mediação entre o oral, o escrito, o imagético e o digital” e esta capacidade não pode ser negligenciada. Outra dificuldade da utilização das TIC é que os softwares e kits de sensores para coleta de dados tem um custo elevado. A solução apontada pelo autor consiste no emprego da plataforma Arduino como ferramenta nos laboratórios didáticos de Física.

No segundo capítulo, o autor faz uma revisão da literatura de algumas publicações que estudam a utilização do computador no Ensino, o uso de softwares e hardwares livres e recursos de baixo custo. Em seguida, no terceiro capítulo da dissertação, Santos (2014) expõe os referenciais teóricos adotados para a elaboração das atividades propostas, a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e a Teoria da Interação Social de Vygotsky. O autor aponta, em seguida, os principais obstáculos para a implementação tecnológica nas escolas, o primeiro diz respeito à infraestrutura escolar, que já conta com computadores e acesso à internet na maioria das escolas, no entanto, estes apresentam-se bloqueados para alguns serviços, com a justificativa de não distrair os estudantes da sala de aula. Santos (2014) mostra ainda diferentes configurações das salas de informática nas escolas e suas implicações pedagógicas. O segundo argumento é a formação de professores, que geralmente é má dirigida.

O autor opta por utilizar recursos denominados roteiros dinâmicos, roteiros experimentais caracterizados pela sua interatividade, utilizando ferramentas como textos, vídeos, aplicativos, simuladores, compartilhamento de informações e outras da categoria WEB 2.0. A primeira atividade experimental desenvolvida foi um conjunto de lasers, espelhos e um material opaco preto. Outro equipamento montado para a análise qualitativa da reflexão luminosa, denominado “caixa de cores”, é feito por uma câmara fechada com LEDs vermelhos, azuis e verdes cobertos com papel vegetal para difundir a luz. O terceiro equipamento, “filtro de cores” é um monóculo com filtro vermelho, azul e verde. Um dos experimentos que utiliza o Arduino presentes na dissertação é uma câmara fechada com LDR, a aplicação de luzes de diferentes tipos provocará uma queda de tensão nos terminais do LDR, esta sendo medida pela placa microcontroladora. O equipamento denominado “sensor de temperatura” consiste em sensores de temperatura LM35 ligados à uma superfície preta e uma superfície branca, o Arduino recebe a leitura da temperatura das superfícies quando expostas à uma lâmpada incandescente. O último experimento trata-se de uma caixa com um LED RGB que, conectado ao Arduino e por meio da interface gráfica Processing, permite que se controle a cor emitida pelo LED.

O autor evidencia que o custo da construção de todos os experimentos descritos não passou de R\$ 168,00. A implementação foi feita no Colégio Hugo Sarmiento, escola particular da capital paulista, com estudantes do 2º ano do Ensino Médio, 11 destes em 2013 e 20 em 2014. Primeiramente os alunos foram apresentados às diferentes ferramentas que o professor utilizaria ao longo da sequência de aulas, o *Google Drive*, e-mail, Arduino, etc. Todas as atividades experimentais foram realizadas em grupo e os resultados colhidos pelos alunos eram enviados ao professor por meio da plataforma *Google Drive*. Santos (2014) traz anexa à sua dissertação os pré-testes, pós-testes e questionários feitos aos alunos quanto à utilização do computador em casa, como ele é usado, o sistema operacional e qual o nível de domínio do estudante com a ferramenta computacional. Os resultados dos testes foram analisados quantitativamente a partir de conceitos estatísticos, fornecendo um resultado positivo.

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para uma melhor análise das publicações, estas são classificadas de acordo com alguns critérios aqui explicados e demarcados conforme os quadros 4, 5 e 6. O primeiro critério de observação é a origem das publicações, a fim de que possa se estabelecer onde há uma tendência maior a serem observados trabalhos científicos dentro do contexto de utilização do Arduino no Ensino de Física no Ensino Médio. Outro critério utilizado pondera sobre a utilização do Arduino nessas propostas, se apresenta-se como uma mera forma de automatizar os dados, sem que o aluno tenha acesso à programação ou montagem ou se, dentro da proposta da publicação, o Arduino tem a função de ferramenta mediadora no Ensino de Física, de forma a permitir também sua manipulação pelos estudantes. A última verificação é se o trabalho foi aplicado em uma turma de Ensino Médio em alguma escola, seja ela pública ou privada.

Quadro 4 — Informações sobre a origem, metodologia e aplicação dos artigos mapeados.

Título	País de Origem	Arduino somente na função de automatização na coleta de dados	Arduino na função de ferramenta mediadora no Ensino de Física	Aplicação em escolas
Observando as marés atmosféricas: Uma aplicação da placa Arduino com sensores de pressão barométrica e temperatura	Brasil	✓		
Controle Remoto: Princípio de funcionamento (parte 1 de 2)	Brasil			

Título	País de Origem	Arduino somente na função de automatização na coleta de dados	Arduino na função de ferramenta mediadora no Ensino de Física	Aplicação em escolas
Controle Remoto: Princípio de funcionamento (parte 2 de 2)	Brasil		✓	
Ilustração de incertezas em medidas utilizando experimentos de queda livre	Brasil	✓		
Medida de g com a placa Arduino em um experimento simples de queda livre	Brasil	✓		✓
Experimento de condução térmica com e sem uso de sensores e Arduino	Brasil	✓		
Using an Arduino Seismograph to Raise Awareness of Earthquake Hazard Through a Multidisciplinary Approach	Itália		✓	✓

Título	País de Origem	Arduino somente na função de automatização na coleta de dados	Arduino na função de ferramenta mediadora no Ensino de Física	Aplicação em escolas
Estações meteorológicas de código aberto: Um projeto de pesquisa e desenvolvimento tecnológico	Brasil		✓	✓
Low-cost educational robotics applied to physics teaching in Brazil.	Brasil			✓
An Experiment on Projectile Motion	Índia	✓		
Maquete didática de um sistema trifásico de corrente alternada com Arduino: ensinando sobre a rede elétrica	Brasil	✓		

Quadro 5 — Informações sobre a origem, metodologia e aplicação das publicações em eventos mapeadas.

Título	País de Origem	Arduino somente na função de automatização na coleta de dados	Arduino na função de ferramenta mediadora no Ensino de Física	Aplicação em escolas
Medindo distâncias com Arduino	Brasil	✓		
As marés atmosféricas: uma abordagem para o ensino médio a partir de uma atividade experimental investigativa	Brasil		✓	✓
Potencialidades do Arduino na Aprendizagem por Projetos	Brasil		✓	✓
Develoment of an exploration land robot using low-cost and Open Source platforms for educational purposes	México		✓	
Avaliação do módulo da aceleração da gravidade local com Arduino	Brasil	✓		

Título	País de Origem	Arduino somente na função de automatização na coleta de dados	Arduino na função de ferramenta mediadora no Ensino de Física	Aplicação em escolas
Arduino e ferramentas da web 2.0 no ensino de física: um exemplo de aplicação em aulas de óptica	Brasil	✓		
A placa Arduino com <i>ethernet shield</i> e experiências de física realizadas remotamente via rede internet	Brasil	✓		
Ensinando física das radiações com um contador Geiger baseado em plataforma Arduino	Brasil		✓	✓
Utilização de sensores de temperatura e da placa Arduino como alternativa para um experimento de condução térmica	Brasil	✓		

Título	País de Origem	Arduino somente na função de automatização na coleta de dados	Arduino na função de ferramenta mediadora no Ensino de Física	Aplicação em escolas
Novas tecnologias no ensino de física para o estudo das cores: o uso do Scratch for Arduino e Tracker	Brasil		✓	

Quadro 6 — Informações sobre a origem, metodologia e aplicação das teses e dissertações mapeadas.

Título	País de Origem	Arduino somente na função de automatização na coleta de dados	Arduino na função de ferramenta mediadora no Ensino de Física	Aplicação em escolas
Variações diurnas na pressão atmosférica: um estudo investigativo baseado na utilização da placa Arduino	Brasil		✓	✓
Construção e interpretação de gráficos da cinemática: uma proposta para o ensino médio politécnico	Brasil		✓	✓

Título	País de Origem	Arduino somente na função de automatização na coleta de dados	Arduino na função de ferramenta mediadora no Ensino de Física	Aplicação em escolas
Arduino Science Kits: Plataforma Open-Hardware para práticas laboratoriais no ensino de Ciências Experimentais	Portugal	✓		
Experimentos de baixo custo para o ensino de Física em Nível Médio usando a placa Arduino-UNO	Brasil	✓		✓
A utilização da robótica educacional com a plataforma Arduino: uma contribuição para o ensino de Física	Brasil		✓	✓
Arduino como uma ferramenta mediadora no ensino de Física	Brasil		✓	✓

Título	País de Origem	Arduino somente na função de automatização na coleta de dados	Arduino na função de ferramenta mediadora no Ensino de Física	Aplicação em escolas
<i>Arduino: Uma ferramenta para a aquisição de dados, controle e automação de experimentos de óptica em laboratório didático de física no Ensino Médio</i>	Brasil	✓		✓

Das vinte e oito publicações mapeadas, quatorze apresentam experimentos com a plataforma Arduino na função de automatização da coleta de dados, sem que o aluno tenha acesso ao código da programação ou possa modificar a montagem eletrônica proposta pelo professor. Onze das publicações traziam propostas que utilizavam o Arduino como ferramenta mediadora no Ensino de Física, de tal forma que, ele próprio também era estudado e manipulado pelos estudantes. Do total, treze explicitaram que o trabalho foi aplicado em escolas e relatavam o modo como as atividades foram desenvolvidas.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A plataforma Arduino, por sua linguagem de programação fácil e por não necessitar que licenças sejam pagas para uso e reprodução torna-se uma ótima aliada no Ensino de Física, especialmente quando se fala da automatização de coleta de dados, dispensando a compra de materiais dedicados e softwares proprietários que realizem a mesma função por um custo muito maior. Além disso, como conferido acima, o Arduino pode ser não somente um instrumento, mas o próprio objeto de estudo dos estudantes, de modo que o professor pode pensar em atividades didático-pedagógicas nas quais o aluno manipula a placa de prototipagem e outros componentes eletrônicos para resolver uma situação-problema cuja solução envolve conceitos de Física.

Sobre a origem das publicações, é possível verificar que a grande maioria de publicações sobre o uso do Arduino no Ensino de Física é brasileira, as poucas publicações no exterior encontradas são de outros países menos desenvolvidos economicamente, como Índia, México e Portugal, além de um trabalho proveniente da Itália, terra da própria plataforma Arduino. Algumas explicações deste fenômeno são possíveis, a primeira, se deve ao fato dos mecanismos de buscas utilizados para encontrar os trabalhos acabarem privilegiando as publicações brasileiras. Um tópico importante a ser comentado também é a busca desenfreada de cientistas brasileiros por publicações a qualquer preço em periódicos, devido à pressão feita pelo sistema de remuneração dos órgãos de fomento de pesquisas⁷. Outra explicação possível é de que países mais desenvolvidos economicamente, como os da Europa Ocidental e Estados Unidos, já contam com programas governamentais de distribuição de kits didáticos de física comerciais, não necessitando que o professor gaste seu tempo para a construção de experimentos de baixo custo, diferente do que ocorre no Brasil e em outros países menos desenvolvidos economicamente.

Outra justificativa que apoia este último argumento é de que absolutamente todos os trabalhos relatados aqui partem da defesa de que os kits de

⁷ Uma discussão interessante acerca deste assunto é encontrada em Castiel, Sans-Valero e Red Meicyted (2007).

experimentos de física são muito caros para a realidade do país de origem das publicações e a utilização do Arduino promove uma atividade interessante, mas com o custo bem mais acessível. Enquanto não houver uma ampla distribuição de materiais para o professor, será necessário que parta dele a iniciativa de construção de experimentos, e, conforme as publicações aqui apresentadas, a placa microcontroladora Arduino se mostra uma boa aliada na inserção das TICs na Educação e da própria atividade experimental na grade de Física. Nos países mais desenvolvidos, além da busca frenética por publicações em revistas científicas não ser um fenômeno intenso como ocorre no Brasil, a escolha do Arduino em detrimento de outras plataformas comerciais se dá pela sua liberdade de criação e modificação, não pelo seu custo.

É necessário afirmar categoricamente que a mera troca do quadro negro e giz por uma placa de prototipagem eletrônica não irá resolver os problemas do Ensino, afinal estaremos trocando uma técnica por outra. A mudança da concepção de ensino-aprendizagem que o professor possui e a consciência de que a construção do conhecimento só é possível na interação mútua entre professor e aluno, e não somente na transmissão de conteúdos do docente para o aprendiz, é que realmente faz ser possível mudanças estruturais no Ensino. Também, para que haja a efetiva difusão e utilização dessas novas tecnologias nas redes de escolas, principalmente as escolas públicas, faz-se necessário que os órgãos públicos ofereçam um treinamento adequado para os professores utilizarem este material dentro do ambiente da sala de aula ou correremos o risco de termos modernos laboratórios e equipamentos de eletrônica, informática e ciências abandonados por falta de qualificação de professores e funcionários.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. J. **Educação e informática: os computadores na escola**. São Paulo: Cortez: Autores Associados, 1987. 104 p. (Coleção polêmicas do nosso tempo, v. 19)

ARDUINO. **Credits**. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Main/Credits>>. Acesso em: 20 jul. 2016a.

ARDUINO. **Overview**. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>>. Acesso em: 20 jul. 2016b.

BARRETO, R. G. Tecnologia e educação: trabalho e formação docente. **Educação & Sociedade**, v. 25, n. 89, p. 1181–1201, dez. 2004.

BERNARDES, J.; DIEHL, L. Medindo distâncias com Arduino. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 21., 2015, Uberlândia. **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2016.

CARVALHO, L. R. M. **Variações diurnas na pressão atmosférica: um estudo investigativo baseado na utilização da placa Arduino**. 2014. 234 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Programa de Pós Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

CARVALHO, L. R. M.; AMORIM, H. S. As marés atmosféricas: uma abordagem para o ensino médio a partir de uma atividade experimental investigativa. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 21., 2015, Uberlândia. **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2016.

CARVALHO, L. R. M.; AMORIM, H. S. Observando as marés atmosféricas: Uma aplicação da placa Arduino com sensores de pressão barométrica e temperatura. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 3, 2014.

CASTIEL, L. D.; SANZ-VALERO, J.; RED MEI-CYTED. Entre fetichismo e sobrevivência: o artigo científico é uma mercadoria acadêmica?. **Cad. Saúde Pública**, v. 23, n. 12, p. 3041-3050, 2007.

CAVALCANTE, M. A.; RODRIGUES, T. T. T.; BUENO, D. A. Controle Remoto: Princípio de funcionamento (parte 1 de 2). **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 3, p. 554-565, dez. 2013.

CAVALCANTE, M. A.; RODRIGUES, T. T. T.; BUENO, D. A. Controle Remoto: Princípio de funcionamento (parte 2 de 2). **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 3, p. 614-641, dez. 2014.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C.; MOLISANI, E. Potencialidades do Arduino na Aprendizagem por Projetos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 20., 2013, São Paulo. **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2013.

CHAVES, E. O. C. O uso de computadores em escolas: fundamentos. In: _____; SETZER, V. W. **O uso de computadores em escolas: fundamentos e críticas**. São Paulo: Scipione, 1988. p. 5-68.

CHAVES, E. O. C. et al. PROJETO EDUCOM: Proposta Original. **Memos do NIED**, [S.l.], v. 1, n. 1, jan. 1983.

COLUCI, V. R. et al. Ilustração de incertezas em medidas utilizando experimentos de queda livre. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 2, 2013.

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

DWORAKOWSKI, L. A. Q. **Construção e interpretação de gráficos da cinemática: uma proposta para o ensino médio politécnico**. 2015. 114 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade Federal do Pampa, Bagé.

FERREIRA, N. S. A. As pesquisas denominadas "estado da arte". **Educação & Sociedade**, v. 23, n. 79, p. 257-272, ago. 2002.

FERREIRA, P. J. C. **Arduino Science Kits: Plataforma Open-Hardware para práticas laboratoriais no ensino de Ciências Experimentais**. 2015. 122 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas e Tecnologias de Informação para Organizações) – Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu, Instituto Politécnico de Viseu, Viseu.

FILHO, G. F. **Experimentos de baixo custo para o ensino de Física em Nível Médio usando a placa Arduino-UNO**. 2015. 216 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Programa de Pós Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

GNU. **O que é um software livre?**. Tradução de Rafael Beraldo. Última atualização: 13 mar. 2014a. Disponível em: <<http://www.gnu.org/philosophy/free-sw.html>>. Acesso em: 25 jul. 2016.

GNU. **Anúncio Inicial**. Tradução de Thiago Carreira. Última atualização: 13 dez. 2014. Disponível em: <<http://www.gnu.org/gnu/initial-announcement.html>>. Acesso em: 25 jul. 2016.

HERNANDÉZ, D.; TREJO, H.; ORDOÑEZ, E. Development of an exploration land robot using low-cost and Open Source platforms for educational purposes. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF ENGINEERING PHYSICS, 7., 2014, Cidade do México. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 582, n. 1, 2015.

JUNIOR, J. T. G.; RAMOS, G. S.; SILVA, S. L. Avaliação do módulo da aceleração da gravidade local com Arduino. In: ENCONTRO REGIONAL DE EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA DO ESPÍRITO SANTO, 1., ENCONTRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 3., 2014, Serra. **Anais...** Serra: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, 2014.

LÉVY, P. **As tecnologias da inteligência**: O futuro do pensamento na era da informática. Tradução de Carlos Irineu da Costa. São Paulo: Editora 34, 1993. 203 p. (Coleção TRANS).

LUCIANO, A. P. G. **A utilização da robótica educacional com a plataforma Arduino: uma contribuição para o ensino de Física**. 2014. 150 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência e a Matemática) – Programa de Pós Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

MAGGIO, M. O Campo da Tecnologia Educacional: Algumas Propostas para sua Reconceitualização. In: LITWIN, E. (Org.). **Tecnologia educacional**: política, histórias e propostas. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997. p. 12-22.

MOLISANI, E. TEIXEIRA, R. M. R.; CAVALCANTE, M. A. Arduino e ferramentas da web 2.0 no ensino de física: um exemplo de aplicação em aulas de óptica. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 20., 2013, São Paulo. **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2013.

OLIVEIRA, M. L. S. T. et al. A placa Arduino com *ethernet shield* e experiências de física realizadas remotamente via rede internet. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 21., 2015, Uberlândia. **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2016.

PEREIRA, A. M.; SANTOS, A. C. F.; AMORIM, H. S. Ensinando física das radiações com um contador Geiger baseado em plataforma Arduino. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 21., 2015, Uberlândia. **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2016.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. 277 p.

REZENDE, Flávia. As novas tecnologias na prática pedagógica sob a perspectiva construtivista. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 1, mar. 2002.

RODRIGUES, R. F. **Arduino como uma ferramenta mediadora no ensino de Física**. 2014. 90 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ROMANOWSKI, J. P.; ENS, R. T. As pesquisas denominadas do tipo “estado da arte” em educação. **Diálogo Educacional**, v. 6, n. 1, set./dez., 2006, p. 37-50.

ROSA, A. B.; GIACOMELLI, A.; TRENTIN, M. A. S. Utilização de sensores de temperatura e da placa Arduino como alternativa para um experimento de condução térmica. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 4., 2014, Ponta Grossa.

ROSA, C. T. W. et al. Experimento de condução térmica com e sem uso de sensores e Arduino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, p. 292-305, abr. 2016.

SANTOS, E. M. F. **Arduino: Uma ferramenta para a aquisição de dados, controle e automação de experimentos de óptica em laboratório didático de física no Ensino Médio**. 2014. 192 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SARAÒ, A. et al. Using an Arduino Seismograph to Raise Awareness of Earthquake Hazard Through a Multidisciplinary Approach. **Seismological Research Letters**, v. 87, n. 1, jan./fev. 2016.

SILVA, R. B. et al. Estações meteorológicas de código aberto: Um projeto de pesquisa e desenvolvimento tecnológico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 1, 2015.

SILVEIRA, S. A. **Software livre**: a luta pela liberdade do conhecimento. São Paulo: Editora Fundação Perseu Abramo, 2004. 79 p. (Coleção Brasil Urgente).

SOUZA, H. G. Informática na educação e ensino de informática: algumas questões. [Editorial]. **Em Aberto**, Brasília, v. 2, n. 17, p. 1-8, jul. 1983.

SOUZA, M. A. M.; DUARTE J. R. R. Low-cost educational robotics applied to physics teaching in Brazil. **Physics Education**, v. 50, n. 4, p. 482-488, jul. 2015.

SRIVASTAVA, A.; RAGHAVENDRA, M. K.; RAMESH, K. P. An Experiment on Projectile Motion. **Resonance**, v. 20, n. 5, p. 458-471, maio 2015.

TAVARES, N. R. B. História da informática educacional no Brasil observada a partir de três projetos públicos. **São Paulo: Escola do Futuro**, p. 01-03, 2002.

TEIXEIRA, A. C.; CAVALCANTE, M. A.; BALATON, M. Novas tecnologias no ensino de física para o estudo das cores: o uso do Scratch for Arduino e Tracker. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 21., 2015, Uberlândia. **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2016.

VALENTE, J. I. Informática na Educação no Brasil: Análise e Contextualização Histórica. In: _____. (Org.). **O computador na sociedade do conhecimento**. Campinas: UNICAMP/NIED, 1999. p. 1-27.

VISCOVINI, R. C. et al. Maquete didática de um sistema trifásico de corrente alternada com Arduino: ensinando sobre a rede elétrica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 856-869, dez. 2015.