

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática

Patrick de Almeida Pinto

**EXPERIMENTOS DO CIRCO DA FÍSICA: o ensino de Física na perspectiva de
seus mediadores**

Belo Horizonte

2019

Patrick de Almeida Pinto

**EXPERIMENTOS DO CIRCO DA FÍSICA: o ensino de Física na perspectiva de
seus mediadores**

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Lev Vertchenko

Área de concentração: Ensino de Física

Belo Horizonte

2019

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

P659e Pinto, Patrick de Almeida
Experimentos do Circo da Física: o ensino de física na perspectiva de seus mediadores / Patrick de Almeida Pinto. Belo Horizonte, 2019.
130 f. : il.

Orientador: Lev Vertchenko
Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática

1. Vigotsky, L. S. (Lev Semenovitch) , 1896-1934. 2. Schön, Donald A., 1930-. 3. Física - Estudo e ensino. 4. Aprendizagem por atividades. 5. Física - Experiências. 6. Professores de física - Formação. 7. Educação não-formal. I. Vertchenko, Lev. II. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. III. Título.

SIB PUC MINAS

CDU: 53:371.13

Patrick de Almeida Pinto

**EXPERIMENTOS DO CIRCO DA FÍSICA: o ensino de Física na perspectiva de
seus mediadores**

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em
Ensino de Ciências e Matemática da Pontifícia
Universidade Católica de Minas Gerais, como
requisito parcial para a obtenção do título de Mestre
em Ensino de Física.

Área de concentração: Ensino de Física

Prof. Dr. Lev Vertchenko – PUC Minas (Orientador)

Prof. Dra. Maria Inês Martins – PUC Minas (Banca examinadora)

Prof. Dra. Sylvania Sousa Nascimento – UFMG (Banca examinadora)

Belo Horizonte, 26 de setembro de 2019.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Lev Vertchenko, meu orientador, pelo apoio e paciência, pelo conhecimento compartilhado, por esclarecer minhas dúvidas e guiar meus passos na pesquisa.

À Prof.^a Adriana Dickman, pela preocupação com meu trabalho e pela gentileza de indicar-me algumas leituras que contribuíram com o trabalho.

À Prof.^a Vânia, pela confiança em permitir a utilização do espaço e dos equipamentos do Circo da Física e por deixarem os estagiários do projeto ao meu dispor durante a pesquisa no local. À prezada Carolina Andrada, pelo auxílio nas questões administrativas e pelas soluções encontradas para viabilizar minha atuação junto ao Circo. Ao João Raimundo, Alison Machado, Rodrigo Muniz, Nicácio, Ygor “Banguela”, Gabriel “Galba”, Nathália Dutra, Maria Eulália e demais estagiários, pela hospitalidade, atenção e dedicação ao me receber durante o acompanhamento das tarefas do Circo.

Aos amigos e professores Wagner Vareta e Guilherme, pelos importantes conselhos e pelo incentivo em continuar firme na empreitada.

Ao meu avô Moisés Lacerda, por acreditar sempre no meu potencial, pela preocupação com meus estudos desde o início do mestrado, por me socorrer financeiramente quando me faltaram condições para pagar as mensalidades.

À minha amiga e leal companheira Clara Coppe, pelo estímulo, compreensão e confiança em todos os momentos, mesmo quando estive distante e ausente para me dedicar aos estudos.

E, finalmente, ao meu filho Ítalo, pelo carinho e amor, pela paciência em compreender que alguns momentos de diversão foram adiados enquanto o papai estava estudando.

“[...] o que parecia ser seu fim, acabou sendo um novo começo.”

(HEWITT, 2015, p. 1)

RESUMO

Esse trabalho tem o objetivo de investigar a promoção da aprendizagem de conceitos físicos através de experimentos interativos realizados pelo Projeto Circo da Física, na perspectiva de seus mediadores que promovem apresentações itinerantes em escolas. Observou-se como os experimentos e a atuação dos mediadores contribuem na aprendizagem de Física para alunos do Ensino Médio. Aspectos colaborativos à aprendizagem dos alunos como aplicação no cotidiano, motivação e conexão entre teoria e prática, foram levantados na análise das atividades práticas do Circo da Física. Baseado na teoria de aprendizagem sociointeracionista, de Vygotski, o trabalho procurou entender a forma como se aprende Física em interação com experimentos e vinculados à atuação de um mediador. O trabalho do mediador foi relacionado às ideias sobre o profissional reflexivo, propostas pelo filósofo Donald Schön. Para a coleta de dados, uma pesquisa de opinião foi aplicada aos alunos que assistiram uma apresentação do Projeto Circo da Física. Aos mediadores, foi aplicado um questionário aberto sobre o ensino de Física vinculado a experimentos. O produto educacional desenvolvido é um guia ao professor contendo estratégias didáticas para se abordar os experimentos do Circo da Física em sala de aula. Como exemplo de sua aplicabilidade, o guia contém essa metodologia aplicada a três experimentos do acervo do projeto: Laser falante, Martelo de Thor e Braquistócrona. Pode-se inferir que os mediadores percebem um intenso envolvimento dos alunos quando a Física é explicada por meio de experimentos como os propostos pelo Circo da Física.

Palavras-chave: Ensino de Física. Circo da Física. Experimentos. Espaços não formais.

ABSTRACT

This academic work aims on investigating the promotion of Physics concepts learning through experiments carried out by Circo da Física Project, from mediator perspective which organizes itinerant presentations in schools through interactive experiments. What was observed was how the experiments and the performance of mediators were contributing to Physics learning for students at High School. Collaborative aspects to students learning, such as daily application, motivation and connection between theory and practice, were raised in the analysis of the practical activities of Circo da Física Project. Based on Vygotsky's theory of sociointeractionist learning, the work sought to understand the way through which Physics is learned in interaction with experiments and linked to the performance of a mediator. The mediator job was related to the idea of reflective professional, proposed by philosopher Donald Schön. For data collection, an opinion poll was applied to students who attended a performance of Circo da Física Project. An open questionnaire on the teaching of Physics linked to experiments was applied to the mediators. The educational product that was developed is a guide to the teacher containing didactic strategies to approach the experiments of the Circo da Física Project in the classroom. As an example of its applicability, the guide contains this methodology applied to three experiments of the Project collection: Talking Laser, Thor's Hammer and Brachistochrone Test. It can be inferred that the mediators perceive an intense involvement of students when Physics is explained through experiments such as the ones Circo da Física Project proposes.

Keywords: Physics teaching. Circo da Física Project. Experiments. Non-formal spaces.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Montagem da estrutura do Circo da Física numa escola pública	42
Figura 2 - Perfil das rampas no experimento Braquistócrona	55
Figura 3 - Alunas interagindo, manuseando e se comunicando ao utilizar o experimento Laser falante	57
Figura 4 - Aluna durante uma tentativa de erguer o Martelo de Thor	58
Figura 5 - Um mediador do Circo da Física em ação durante o evento “Férias no Museu”, no Museu de Ciências Naturais da PUC Minas.....	59
Figura 6 - Experimentos do Circo da Física manipulados por alunos.....	71

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Contextos educacionais (recorte adaptado).....	36
Quadro 2 - Competências esperadas ao final do ensino básico (recorte)	39
Quadro 3 - Natureza de respostas dos entrevistados para a importância do uso de experimentos no ensino de Física	67
Quadro 4 - Natureza de respostas dos entrevistados sobre a contribuição dos experimentos do Circo da Física para a aprendizagem dos alunos de Ensino Médio.....	69
Quadro 5 - Natureza de respostas dos entrevistados sobre as percepções da motivação/expectativa dos alunos em estudar a Física abordada nos experimentos.....	72

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Distribuição percentual das respostas para as questões 1 e 2.....	61
Gráfico 2 – Distribuição percentual das respostas para as questões3 e 4.....	61
Gráfico 3 – Distribuição percentual das respostas para a questão 5.....	62
Gráfico 4 – Distribuição percentual das respostas para a questão 6.....	63
Gráfico 5 – Distribuição percentual das respostas para a questão 7.1.....	63
Gráfico 6 – Distribuição percentual das respostas para a questão 8.1.....	64

LISTA DE SIGLAS

Caltech	<i>California Institute of Technology</i>
CDCC	Coordenadoria de Divulgação Científica e Cultural
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
GEENF	Grupo de Estudos e Pesquisa em Educação Não-formal e Divulgação em Ciência
ICEI	Instituto de Ciências Exatas e Informática
ICEx	Instituto de Ciências Exatas
INEP	Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais
LDB	Lei de Diretrizes e Bases
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
PISA	Program for International Students Assessment
PUC Minas	Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
USP	Universidade de São Paulo
ZDP	Zona de desenvolvimento proximal

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
1.1	O ensino de Física segundo as normas brasileiras.....	24
1.2	Uma crítica ao ensino de Física	24
1.3	Os experimentos e os espaços não formais.....	28
1.3.1	<i>Apoio ao trabalho do professor.....</i>	<i>29</i>
2	LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	33
2.1	As atividades práticas no Ensino de Física	34
2.2	Educação não formal e mediação do ensino	35
2.3	Espaços não formais de ensino de ciência	38
2.3.1	<i>Centros de ciências e museus</i>	<i>39</i>
2.3.2	<i>Teatros.....</i>	<i>40</i>
2.3.3	<i>Observatórios e planetários</i>	<i>40</i>
2.3.4	<i>Projetos de divulgação científica</i>	<i>41</i>
2.3.4.1	<i>Circo da Física</i>	<i>41</i>
3	REFERENCIAL TEÓRICO-PEDAGÓGICO	47
3.1	A Teoria Sociointeracionista de Vygotski	48
3.2	O profissional (professor) reflexivo	50
3.3	A importância dos experimentos.....	52
4	METODOLOGIA	53
4.1	Observações dos experimentos e da atuação dos mediadores.....	54
4.1.1	<i>Observação de três experimentos selecionados.....</i>	<i>54</i>
4.1.1.1	<i>Tipo de interatividade presente nos três experimentos selecionados</i>	<i>56</i>
4.1.2	<i>Observação da atuação dos mediadores.....</i>	<i>59</i>
4.1.2.1	<i>Análise da observação</i>	<i>60</i>
4.2	Pesquisa realizada com os alunos de uma escola.....	60
4.2.1	<i>Apresentação e análise dos dados.....</i>	<i>60</i>
4.3	Questionário dirigido aos mediadores.....	65
4.3.1	<i>Caracterização da população pesquisada</i>	<i>65</i>
4.3.2	<i>Caracterização do questionário</i>	<i>66</i>
4.3.3	<i>Análise de dados.....</i>	<i>66</i>
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	75
	REFERÊNCIAS	79
	APÊNDICE 1: QUESTIONÁRIO DIRIGIDO AOS MEDIADORES DO CIRCO DA FÍSICA.....	83
	APÊNDICE 2: PESQUISA DE OPINIÃO SOBRE OS EXPERIMENTOS DO CIRCO DA FÍSICA	85
	APÊNDICE 3: PRODUTO EDUCACIONAL.....	87

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho apresenta um estudo sobre a utilização de experimentos de Física, realizados em espaços não formais e sua contribuição para a aprendizagem de estudantes da Educação Básica (em especial, do Ensino Médio) e propõe um produto educacional, no formato de guia ao professor, contendo estratégias metodológicas para se utilizar na prática docente conceitos físicos abordados em alguns experimentos.

O estudo aqui apresentado aborda a importância dos experimentos de Física, explorados em ambiente alternativo, apresentados por um mediador que busca relacionar a atividade prática com a construção do pensamento do expectador. Assim, percebe-se que esses experimentos, realizados em espaços não formais, promovem uma construção do conhecimento próxima ao que se espera na teoria de aprendizagem sociointeracionista, também conhecida como socioconstrutivista. Segundo Fossile (2010), essa teoria da aprendizagem foi estabelecida por Lev Vygotski, no início do século XX, e possui convergências e divergências em relação à teoria construtivista psicogenética de Piaget¹, podendo ambos os autores, expoentes das teorias educacionais, serem classificados como construtivistas. Portanto, por maior adequação e afinidade, esse trabalho elenca como referência principal a teoria de desenvolvimento mental de Vygotski. Nessa linha, o indivíduo que aprende é influenciado não só pelo meio e seus instrumentos, mas também pela interação social que o permite construir mentalmente os signos a sua volta. Assim, espaços não formais costumam utilizar para a promoção de suas atividades os mediadores. Eles são atores fundamentais no processo de ensino e da aprendizagem em um espaço não formal e exercem um papel de suma importância dentro desse contexto, uma vez que a interação proporcionada, a compreensão e a manipulação interativa dos experimentos criam um cenário propício ao interesse do público, com indagações e a imersão da curiosidade. Utilizar-se de reflexão para as ações que devem ser executadas, de forma criativa e de acordo com a faixa etária do público, no momento em que uma situação ocorre, gera um desafio profissional presente na tarefa de ser um mediador, tratado pelo filósofo norte-americano Donald Schön. Considerando sua relação com os estudos realizados nesse trabalho, a obra desse autor também foi elencada como referencial teórico a essa dissertação, com base nos textos de Shigunov Neto e Fortunato (2017) e em textos do próprio Donald Schön (2000). O legado desse

¹ Jean Piaget (1986-1980), com formação em filosofia e biologia, elaborou seus estudos na psicologia realizando observações sistemáticas de como uma criança constrói seu conhecimento. Publicou, então, uma teoria que define os quatro Estágios do Desenvolvimento Cognitivo.

filósofo abrange estudos e publicações na área de formação de profissionais reflexivos, com ideias e conceitos vinculados principalmente ao trabalho do professor.

1.1 O ensino de Física segundo as normas brasileiras

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – LDB (BRASIL, 1996) organiza o currículo do Ensino Médio no Brasil, colocando Física, Química e Biologia como integrantes da área de Ciências da Natureza, como destacado nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Esses parâmetros também defendem que “[...] o conhecimento científico disciplinar é parte tão essencial da cultura contemporânea que sua presença na Educação Básica e, conseqüentemente, no Ensino Médio, é indiscutível.” (BRASIL, 2000).

Nessa perspectiva, o objetivo do ensino de Física na Educação Básica não deve ser o de formar cientistas, prioritariamente. A formação dos físicos, ou qualquer outro cientista, reserva-se a uma etapa superior, acadêmica, destinada a uma parcela de estudantes que tem afinidade por essa carreira. Se o principal objetivo do ensino de Física no Ensino Médio fosse o de formar cientistas, o restante dos alunos, não interessados por tal carreira, seria deixado às margens, não sendo oportunizado um aprendizado básico em ciências. De acordo com o documento PCNEM (BRASIL, 2000), esse sentido para o ensino de Física promove a formação um cidadão capaz de entender e lidar com a realidade, desde fatos do cotidiano até a compreensão do universo distante, qualquer que seja sua profissão. O ensino de Física visa propiciar um conhecimento básico para a atividade social e cultural, pois permite que vários indivíduos se apropriem de leis e modelos que explicam a natureza e, assim, possibilita as pessoas se relacionarem e se comunicarem com um bom entendimento de tais assuntos.

A Física estabelece modelos que buscam descrever a natureza, do modo mais fidedigno possível. No processo histórico, reinventa-se (restabelece-se) os modelos, a partir da evolução das ideias que pesquisadores têm sobre certo objeto de estudo. O ensino de Física se fundamenta na formação de uma cultura científica efetiva e deve ser capaz de permitir ao indivíduo uma interpretação de fatos e fenômenos da natureza (BRASIL, 2000).

1.2 Uma crítica ao ensino de Física

Nobel de Física de 1965, Richard P. Feynman escreveu no prefácio de uma de suas obras, em junho de 1963, um relato do problema enfrentado com seus os alunos dos anos iniciais do Caltech (*California Institute of Technology*): “[...] muitos deles já se achavam bastante

desestimulados, visto que pouquíssimas ideias grandes, novas e modernas haviam sido apresentadas a eles” (FEYMANN, 2008, p.3).

E essa é uma constatação que também pode ser percebida nos dias de hoje, nas escolas do Brasil. Algumas evidências indicam que o desinteresse pela Física, independentemente do nível de ensino, tem uma raiz comum: a forma como os assuntos são abordados (MOREIRA, 2013).

O ensino tradicional de Física tem se apresentado deficiente, o que revela uma crise na estrutura de ensino. Esse demérito não é uma exclusividade do ensino de Física, mas uma situação problemática para todas as disciplinas, principalmente as que são estudadas no Ensino Médio. Muito mais do que apresentado pelos índices de evasão e repetência, essa crise se manifesta quando os alunos são solicitados a explicitar seu aprendizado em exames, tanto em nível internacional (por exemplo, no exame PISA) quanto em nível nacional (por exemplo, no ENEM). Bonadimann e Nonenmacher (2007) abordam essa temática da seguinte forma:

Os resultados dessas avaliações expõem de forma bastante objetiva, para não dizer dramática, o despreparo dos estudantes diante das demandas que se apresentam na sociedade. [...] O fraco desempenho estudantil nesses processos avaliativos é um problema geral, que perpassa todos os campos do conhecimento, não sendo exclusividade de nenhuma área específica. (BONADIMANN; NONENMACHER, 2007, p. 195)

Entender a importância do que se aprende, transpor os conceitos para o cotidiano prático e participar da construção do seu próprio conhecimento são fatores indispensáveis para o engajamento de um aluno no processo ensino-aprendizagem. Caso o ensino não observe esses fatores, provavelmente teremos um aluno que não compreende os problemas propostos e, o que é ainda mais preocupante, não se esforça para encontrar soluções.

O cenário educacional está em meio a constantes mudanças, a exemplo do que ocorre com a sociedade em geral. Isso é nítido não somente na atualidade, uma vez que se percebe que essa característica é comum ao longo da história. Em 1963, no artigo intitulado *Mestres de amanhã*², o escritor e intelectual Anísio Teixeira relata mudanças revolucionárias na sociedade da época e as relacionava com a necessidade de um acompanhamento por parte do sistema educacional:

É o mestre da escola elementar ou da escola secundária que está em crise e se vê mais profundamente atingido e compelido a mudar pelas condições dos tempos presentes. E por quê? Porque estamos entrando em uma fase nova da civilização chamada industrial, com a explosão contemporânea dos conhecimentos, com o

²Publicado originalmente na RBEP, v. 40, n. 92, p. 10-19. out./ dez. 1963.

desenvolvimento da tecnologia e com a extrema complexidade consequente da sociedade moderna. (TEIXEIRA, 2004, p.143)

Segundo Teixeira (2004), os meios de comunicação incorporados ao cotidiano na década de 1960, como telégrafo, telefone, cinema e televisão, representavam mudanças nas formas das pessoas se relacionarem entre elas, com o mundo e com o conhecimento. Isso possibilitou o homem revisitar civilizações antigas ao assistir uma simples sessão de cinema, de uma forma tão facilitada jamais prevista por historiadores do passado. Então, segundo o autor, para a educação estar adaptada e pronta ao novo contexto, necessita-se de novos ambientes de educação, mais parecidos com um laboratório, uma oficina, uma estação de televisão do que a escola de ontem (e ainda hoje) e novos mestres, “dotados de cultura e treino”.

A forma mais comum de se ensinar Física está baseada na repetição e memorização. Evidência disso são as listas de exercícios as quais os professores submetem os alunos como a principal estratégia de um tipo de aprendizagem autossuficiente, a qual os alunos buscam o entendimento ao decorarem conceitos e algoritmos de resolução de exercícios. Tais listas, contendo apenas exercícios de repetição e memorização, não cobram dos alunos um raciocínio de construção das ideias, uma investigação do objeto de estudo e sua relação com os fenômenos ou uma proposição de uma atividade prática, uma pesquisa de campo etc. Por um lado, é mais fácil, até mesmo para o aluno, usar somente o método de listas de exercícios. Assim, ambas as partes se estagnam numa zona confortável, na qual os alunos que se esforçam para resolver e reproduzir os exercícios propostos, geralmente, obtêm resultados satisfatórios nas avaliações internas, que não extrapolam a forma e o conteúdo explorado pelas listas de exercício (MOREIRA, 2013). Entretanto, nem sempre o mais fácil é o mais representativo e nem sempre é o que se deve ser feito.

Uma pesquisa realizada com professores de Física de escolas públicas do Ensino Médio apontou os principais problemas enfrentados por eles para ensinar Física. Frente a tantos problemas e tanta complexidade (REZENDE; OSTERMANN, 2005), destaca-se a insatisfação com os métodos tradicionais de ensino. Apesar de estarem conscientes de que ensinam de forma tradicional, seja pela falta de tempo ou por não saberem como mudar ou por insegurança, repetem o modelo que é associado ao excessivo formalismo matemático. Outro problema em destaque foi relacionado ao uso do laboratório didático de Física.

Quando existem laboratórios nas escolas, os professores ressaltam sua importância para demonstração dos conceitos e leis físicos, mas reconhecem a falta de tempo para preparar os experimentos e a dificuldade para desenvolver atividades que levem à efetiva aprendizagem em função do grande número de alunos por turmas. (REZENDE; OSTERMANN, 2005, p. 324)

Além disso, segundo Rezende e Ostermann (2005), os livros didáticos até incentivam a construção de experimentos com materiais recicláveis para demonstrações em sala de aula, mas, geralmente, não apresentam fundamentação teórica suficiente e a discussão dos conceitos fica em segundo plano.

Promover desafios aos alunos pode significar, nesse caso, um grande estímulo ao aprendizado, reduzindo o grau de desmotivação e desinteresse ao qual o marasmo do ensino de Física se encontra. Qualquer proposta diferente ao formato tradicional significa uma modificação na estrutura educacional, seja uma mudança radical ou gradual (BONADIMANN; NONENMACHER, 2007). Apesar da complexidade que a implantação de qualquer nova proposta pode representar, é evidente que a permanência em um modelo falido fatalmente continuará originando problemas.

Muitas propostas de intervenção para o problema do ensino de Física eventualmente são elaboradas e executadas. Atacar o problema de diversas formas pode ajudar na busca por soluções eficazes, até mesmo porque a resolução desse problema é sistêmica, o que requer doses homeopáticas de melhoria ao invés de uma “fórmula milagrosa”. Tornar o ensino de Física mais prático e dialógico constitui uma dessas tentativas de melhoria. Tal formato para modificar o contexto em que se encontra o ensino de Física é defendido por pesquisadores e professores há algumas décadas. O célebre professor Richard P. Feymann (2008) comenta o seguinte sobre as soluções para o ensino de Física:

Acredito, porém, que não há solução para esse problema de ordem educacional, a não ser abrir os olhos para o fato de que o ensino mais adequado só poderá ser levado a cabo nas situações em que houver um relacionamento pessoal direto entre o aluno e o bom professor – situações as quais o estudante discuta as ideias, reflita e converse sobre elas. **É impossível aprender muita coisa simplesmente comparecendo a uma palestra** ou mesmo limitando-se a resolver os problemas determinados. [...] (FEYMANN, 2008, p. 5, grifo nosso)

Ao selecionar uma estratégia teórico-metodológica para ensinar Física, o professor não pode deixar de contemplar atividades práticas. O fazer pedagógico do professor requer um cuidado com a maneira em que o aluno se envolve e aprende determinado conteúdo. Associar o ensino de Física com a atividade prática é essencial por propiciar uma abordagem construtivista, promovendo interação de quem aprende com o objeto de estudo e com o mediador (MARANDINO *et al.*, 2008), de forma dialógica. A atividade prática representa uma oportunidade de visualização de teorias muitas vezes complexas e abstratas para o nível de maturidade e de compreensão da ciência para alunos da Educação Básica. Além disso, a

atividade prática pode servir de elemento incentivador à motivação dos alunos, por se tratar de um elemento muitas vezes lúdico que aguça a curiosidade e a interatividade.

1.3 Os experimentos e os espaços não formais

Percebe-se uma precariedade dos laboratórios de ensino nas escolas, ou até mesmo a ausência deles, principalmente no setor público. A organização do trabalho docente não prevê dedicação aos espaços de atividade prática da escola e os investimentos em material de laboratório são desvinculados da proposta pedagógica ou da realidade das escolas. No setor privado o problema não é muito diferente, pois o modelo de memorização e repetição de exercícios garante bons resultados nos exames de seleção das universidades. Esse é o principal fator de sucesso das escolas particulares e garante a elas perpetuidade enquanto metas de aprovação para entrada nos cursos mais concorridos forem alcançadas, gerando publicidade e novas matrículas para esses colégios. Seja no público ou no privado, não se busca uma formação e uma educação de qualidade. A escola pública se revela um lugar ocioso enquanto a escola particular um local de treinamento exaustivo para a memorização de conteúdo. Assim, a realização de experimentos durante as aulas fica negligenciada.

Quando um aluno consegue perceber, em seu dia-a-dia, o que aprendeu nas aulas de Física, a compreensão do mundo e da natureza se torna mais saborosa³. Essas atividades podem ser realizadas fora das salas de aula, fora da escola. Espaços não formais como museus, centros de ciências, projetos de divulgação científica, apresentações artístico-culturais, exploratórios ou planetários constituem uma forma alternativa, complementar e enriquecedora de aproximar a Física e seus objetos de estudos da realidade dos estudantes.

Entende-se a importância dos experimentos para ensinar Física, porém a estrutura curricular, o formato e a abordagem do ensino tradicional e a precariedade dos recursos para a educação dificultam o acesso dos alunos aos experimentos (REZENDE; OSTERMANN, 2005). E, por mais que o professor se esforce para realizar demonstrações em sala de aula, ou seja, experimentos manipulados somente pelo professor em frente à turma, muitas vezes não é o suficiente. O alcance que se pretende obter com tais estratégias muitas vezes é muito superficial e causa frustração. Os fatores que levam a isso são a impossibilidade de manipulação pelos alunos e a baixa interatividade que a demonstração permite. Erros de execução e projeto durante a construção de experimentos de baixo custo, alternativa incentivada por influenciadores

³ Palavra com o mesmo radical de saber – *sapĕre*, do latim.

digitais nas redes sociais, também geram incômodos e desmotivação. Recorre-se daí, novamente, ao tradicional esquema lista de exercícios, memorização e avaliação (prova).

Para sair desse marasmo, propõe-se como uma alternativa possível, foco deste trabalho, utilizar os recursos dos projetos de divulgação científica que realizam apresentações e/ou exposições em espaços não formais de ensino.

1.3.1 Apoio ao trabalho do professor

Muitas universidades brasileiras criam projetos de divulgação científica, em que experimentos de Física são montados e expostos. O objetivo desses projetos é democratizar o conhecimento científico para jovens estudantes. Talvez por falta de divulgação dos projetos ou inércia das escolas, muitos jovens não têm a oportunidade de conhecer esses espaços não formais. Muitas vezes os professores querem promover visitas ou receber projetos itinerantes, mas não possuem poder de barganha para concretizar essa intenção. O produto educacional desse trabalho oferece um guia para demonstrar ao professor que deseja promover algo com esse teor, como se pode explorar melhor essa oportunidade com os alunos e possibilitar, através da interação, um viés para a construção da aprendizagem. Desta maneira, o professor tem suporte e argumentos para convencer os gestores das escolas, tais como coordenação pedagógica e direção, além dos alunos, pais e responsáveis. Portanto, pode-se elevar a qualidade da aprendizagem em Física com atividades práticas, como uma forma diversificada de ensino (assim como previsto nos PCN), com a finalidade de contribuir para o aumento do vínculo dos alunos com o conhecimento científico. Tal contexto aumentaria a utilização oportuna desses ricos ambientes de aprendizagem.

Para esse trabalho, a pesquisa foi realizada junto ao Circo da Física da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas). O local foi selecionado por se tratar de um projeto de divulgação científica que atua em espaços não formais de ensino de Física, e está vinculado a uma das duas instituições de ensino superior na cidade de Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais, que ofertam o curso de licenciatura em Física.

O Circo da Física da PUC Minas tem como integrantes preferencialmente os alunos que cursam licenciatura em Física. Alguns integrantes são bolsistas que cumprem carga horária semanal. Outros integrantes são voluntários e atuam, principalmente, como mediadores dos experimentos durante as apresentações que o Circo realiza para as escolas de Educação Básica. Um dos principais objetivos do projeto é oferecer aos graduandos uma oportunidade de construir e utilizar experimentos, bem como desenvolver a oralidade didática durante as

apresentações ao público. Desta forma, o projeto consegue divulgar a ciência por intermédios de atividades práticas que explicam os fenômenos naturais e os conceitos da Física. A equipe do projeto monta exposições em escolas, em parques, no campus da PUC Minas e, nas férias escolares, se instalam no Museu de Ciências Naturais da PUC Minas. Através de experimentos com uma temática lúdica, os estagiários do Circo buscam ensinar Física para o público, mostrando que aprender ciência pode ser divertido.

Elaborado para atender os professores de Física de escolas do Ensino Básico, o *Guia de Experimentos do Circo da Física* é um produto educacional que foi elaborado para incentivar a parceria entre o projeto e as escolas. O *Guia* traz estratégias metodológicas para utilização em sala de aula, com a finalidade de oferecer suporte ao professor que, por ventura, possa usufruir das exposições realizadas pelo Circo com os alunos de sua escola. Dessa forma, esse produto educacional propõe o uso dos experimentos do Circo para compensar, um pouco, a falta de estrutura que escolas apresentam para se realizar atividades experimentais. Baseado na experiência vivenciada pelos alunos e na aprendizagem promovida na sua interação com as atividades práticas e os mediadores do projeto, o produto traz uma proposta metodológica para auxiliar o professor a explorar inter-relação entre os conteúdos vistos em sala de aula com os experimentos realizados pelo Circo da Física. Assim, nesse produto está contida uma forma de como se pode abordar um tema de estudo baseado no experimento. O produto propõe atividades que podem ser desenvolvidas e possibilita ao professor orientar seus alunos, anteriormente e/ou posteriormente à apresentação do Circo. Caso a estratégia seja bem sucedida, cria-se um incentivo para o docente recorrer mais frequentemente ao projeto. Paralelamente, os estagiários do Circo também são beneficiados com o aumento da quantidade de eventos realizados pelo projeto, pois irão ter mais oportunidades de vivência na prática docente, essencial para formação em licenciatura. Os estagiários, ao exercerem o papel de medidor no processo ensino-aprendizagem adquirem mais confiança, experiência e melhoram a oratória. Contudo, moldam-se profissionais mais reflexivos diante das demandas e situações que ocorrem na interação com o público, com o local e com o contexto.

Dentro do acervo em uso do Circo da Física, os experimentos que mais se destacam, denominados pelos próprios integrantes do projeto, são os seguintes: Gerador de Van der Graaff, Cochichódromo, Hovercraft, Assento com pregos, Martelo de Thor, Banco que gira, Periscópio, Fonte de Heron, Braquistócrona, Levitron, Laser falante, Termoscópio, Miniatura do Trem-bala, Caverna do Dragão.

Para a elaboração do *Guia de Experimentos do Circo da Física*, foram selecionados três experimentos com o intuito de demonstrar estratégias aplicadas a tais experimentos. São assim

denominados dentro do projeto como Laser falante, Braquistócrona e Martelo de Thor. Apesar de o produto trazer somente três experimentos, as estratégias descritas podem ser generalizadas e extrapoladas para quaisquer experimentos do acervo do projeto. Os três experimentos servem para exemplificar a proposta metodológica. Assim, o professor elenca os experimentos que são interessantes aos assuntos de Física que quer trabalhar em sala de aula e utiliza a orientação oferecida pelo *Guia* para tais experimentos. Desta forma, pode-se proporcionar um melhor aproveitamento da riqueza didática ofertada pelos experimentos apresentados aos alunos que participam das exposições do Projeto Circo da Física em espaços não formais.

Não se pretende que esse trabalho resolva todos os problemas da prática pedagógica do professor de Física. Diante da notória escassez de realização de atividades experimentais de Física, mas também percebendo a imensa gama de problemas relacionados com o ensino de Física, deseja-se somente melhorar um aspecto, com uma alternativa eficaz e disponível para aplicação, sem necessidade de grandes investimentos.

No próximo capítulo serão explanados os estudos que explicam a importância da atividade experimental para o ensino da ciência e a importância que os espaços não formais de ensino vêm adquirindo, principalmente com uma nova visão de didática museal e com a relevante atuação dos mediadores no processo de ensino-aprendizagem (MARANDINO, 2015; MARANDINO *et al.*, 2008).

Depois de apresentado o levantamento bibliográfico, essa dissertação traz dois referenciais teóricos cujos trabalhos estão relacionados ao que se observou nessa pesquisa: Lev Vygotski (1991; 2001; 2008), com a sua teoria sobre a construção do conhecimento a partir da interação social de quem aprende; Donald Schön (2000), com sua análise sobre a necessidade dos momentos de reflexão na prática pedagógica.

A metodologia adotada para a pesquisa é descrita no capítulo posterior ao do referencial teórico. A pesquisa teve foco no acervo de experimentos e na atuação dos mediadores do Circo da Física, um projeto de divulgação científica mantido pela PUC Minas. O projeto atua com apresentações lúdicas de experimentos de ensino, voltada para o público de alunos que estudam Física na Educação Básica. O caráter descontraído das apresentações dos mediadores (MARANDINO *et al.*, 2008) possibilita interação, familiaridade e construção do conhecimento não só para o público-alvo, mas também para crianças em fase pré-escolar, alunos da Educação Básica que ainda não estudam Física em seus componentes curriculares, além de adultos e idosos. A metodologia, então, mostrou como e o que foi observado no Circo da Física. As observações das atividades foram realizadas no espaço reservado ao Circo da Física dentro da PUC Minas e numa vista de campo, durante um evento itinerante do projeto em uma escola

pública do município de Betim-MG. Nesse evento, uma pesquisa de opinião foi aplicada aos alunos do 9º ano que contempla a Física em sua grade curricular. Posteriormente, um questionário-entrevista também foi aplicado aos integrantes do Circo que atuam como mediadores com a finalidade de evidenciar suas perspectivas sobre o ensino de Física e como os experimentos favorecem a aprendizagem dos alunos. Portanto, os dados da pesquisa coletados foram os registros fotográficos, as anotações sobre as observações *in loco*, as respostas dos alunos para as questões fechadas e as respostas discursivas dos integrantes do Circo para questões abertas, que posteriormente foram analisadas de forma interpretativa e categorizadas conforme premissas do método de análise de conteúdo (BARDIN, 1977).

Para concluir o trabalho, a partir da análise do que se extraiu da pesquisa e da leitura interpretativa dos dados, as considerações finais expuseram os entendimentos sobre a atividade prática para alunos da Educação Básica que estudam Física. A captação da percepção de futuros professores sobre como os alunos aprendem e como demonstram seu interesse pela Física representou um ponto de destaque na conclusão do trabalho.

Finalizando a dissertação, o produto educacional é apresentado no apêndice, no formato de guia aos professores. O *Guia de Experimentos do Circo da Física* visa fornecer, aos professores das escolas, estratégias de sala de aula para abordar os conteúdos relativos a algum experimento do Circo, com a finalidade de um melhor aproveitamento, por parte dos alunos, da interação oferecida nas exposições do projeto. Os princípios físicos envolvidos em três dos principais experimentos, a descrição técnica de seus funcionamentos e o exemplo de como adotar as estratégias propostas também estão descritas no *Guia*, com a finalidade de orientar os professores na abordagem do assunto de interesse, antes, durante e depois do contato de seus alunos com a exposição do Circo.

2 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Entender e delimitar o problema, estabelecer as prioridades de pesquisa frente a um leque amplo de abordagens constituiu uma tarefa instigante de investigação a artigos, livros, dissertações e teses. Para selecionar o material mais pertinente ao tema do trabalho proposto, foi feito um levantamento do estado da arte em função de palavras-chaves como experimentos de ensino de Física, espaços não formais, projetos de divulgação científica e mediação da aprendizagem.

Interessante destacar entre os trabalhos consultados, as contribuições de autoria da Martha Marandino, professora da Faculdade de Educação da USP, com formação em Ciências Biológicas, pesquisadora especializada em didática museal, relação museu-escola, educação não formal e mediação em exposições, coordenadora do GEENF (Grupo de Estudos e Pesquisa em Educação Não-Formal e Divulgação em Ciência). Apesar do foco de seu trabalho ser sobre museus de ciências, percebe-se muitas semelhanças na didática estabelecida e o formato de atuação do Circo da Física e dos museus, pois ambos se apresentam como alternativa complementar à educação formal por apresentarem características de espaços não formais de aprendizagem. Em artigos e capítulos destacados de Marandino, percebe-se um viés de aproximação com museus de ciências naturais, aquários e visitas orientadas a espaços não formais relacionados com a Biologia. Entretanto, a pesquisa aborda aspectos gerais do ensino de ciências e da didática necessária nos espaços não formais, sempre com o foco na observação da prática de ensino e na verificação da aprendizagem, de forma universal, sem enfatizar demais a Biologia, permitindo um vínculo do que ela apresenta com os estudos em ensino de Física dessa dissertação.

A revisão da literatura apontou dois textos que se referem, especificamente, ao Circo da Física da PUC Minas. Alves (2012) reporta a perspectiva dos mediadores do projeto durante as exposições. Já o artigo de Dickman *et al.* (2011) aborda a importância das atividades desenvolvidas no Circo para a formação dos graduandos de Licenciatura em Física da PUC Minas. Adiante esse projeto terá uma seção reservada para tratar e detalhar suas características e estrutura de funcionamento.

O ensino-aprendizagem de Física, assim como de qualquer ciência, deve ser estabelecido por meio de atividades práticas bem fundamentadas, que contribuam para o entendimento e visualização dos modelos e fenômenos. A atividade prática permite uma apropriação do significado dos instrumentos e materiais, muitas vezes relatados em aulas teóricas. A atividade prática pode ser realizada em sala de aula, que constitui um espaço formal,

ou em espaços alternativos, ou seja, espaços não formais. Esses espaços alternativos podem até mesmo se encontrar dentro da escola, em ambientais como quadras, bibliotecas e pátios ou fora da escola, tais como nos parques de diversões, museus, centros de ciências, universidades, fábricas, teatros, observatórios, planetários, aquários, zoológicos etc. Durante uma aula, o aluno faz uma representação mental abstrata do que o professor diz, mas somente com a visualização e/ou manuseio de certos instrumentos, amostras e materiais é que se pode promover o sentido concreto daquilo antes imaginado, baseado em interação com os objetos, com o espaço e com o tempo, num processo de “recontextualização” do saber (MARANDINO, 2004). De certa forma, segundo a autora, muitas coisas a partir daí, passam a ser mais bem compreendidas. Portanto, a comunicação do professor se torna mais efetiva e plausível quando estiver associada a uma atividade prática. Ao produzir essa mediação entre o significado dos termos com o meio ou com os objetos, a interação estabelecida contribui para a construção do conhecimento para indivíduo.

2.1 As atividades práticas no Ensino de Física

As atividades práticas permitem um maior vínculo do aluno com o objeto do conhecimento. As práticas podem ser desenvolvidas em laboratórios escolares ou mesmo em sala de aula, com auxílio de alguns *kits* educacionais de experimentos. Porém, essa não é a realidade da maioria das escolas brasileira. Dados levantados pelo INEP em 2002 apontam que apenas 20% das escolas públicas possuem laboratórios de ciência (PEREIRA; CHINELLI; SILVA, 2008), e mesmo nessas que possuem o laboratório ou *kits* experimentais, percebe-se um descaso com os espaços e materiais. O fazer pedagógico do professor nem sempre é propício para utilizar o laboratório, pois o contexto não favorece para tal, como destacado por Gioppo e colaboradores (1998):

Nesse panorama vêm-se, com frequência, laboratórios semi-abandonados, mal equipados, ou com equipamentos caros e quebrados, sem estoque de reagentes. Quando há *kits*, estes estão defasados ou incompletos, com pedaços de experimentos que ninguém sabe como montar, pois os textos-guia foram perdidos, ou, pior, os professores atuais não receberam assessoramento para o uso do material. (GIOPPPO; SCHEFFER; NEVES, 1998, p.43)

Por outro lado, é possível desenvolver e aprender com atividades práticas em ambientes não formais de educação, sem a necessidade de um laboratório ou recursos dentro da escola.

2.2 Educação não formal e mediação do ensino

Conforme definição de Nascimento (2010), o “museu discurso” é caracterizado por uma prática educativa, democrático e aberto as trocas de conhecimento, possibilitando ao visitante um local de lazer, prazer, encantamento e reflexão. Esse novo museu contrapõe aquela ideia antiga de “museu vitrine”, espaço elitista e estático. Assim, as novas formas museográficas despertam um diálogo, promovem uma aprendizagem sociointeracionista do conhecimento. Os museus, preocupados com uma didática museal, podem apresentar uma fonte de aprendizagem para alunos do ensino regular e se caracterizam como espaços não formais ou informais de aprendizagem.

Os museus, bem como qualquer espaço não formal de ensino, na perspectiva de se apresentar com um local de aprendizagem, devem investir na formação de competências para os educadores desses novos espaços (NASCIMENTO; VENTURA, 2001, p.137). Diante da “*didatização*” das visitas aos museus, os autores defendem que se fazem necessárias pesquisas acadêmicas e debates que viabilizem a interação entre o museu e a escola, com a finalidade de tornar o acesso ao conhecimento, à cultura nacional, à memória e ao patrimônio mais democrático. Utilizar em espaços não formais mediadores competentes e conscientes do seu papel pedagógico possibilita uma maior difusão da cultura e da ciência, promovendo a formação da cidadania em estudantes da Educação Básica.

A educação formal é aquela que ocorre dentro do sistema educacional regular, em sala de aula com o professor regente, no dia-a-dia. Distingue-se a educação não formal e a educação informal sendo que a principal diferença entre elas está na intencionalidade. A educação não formal é fomentada por instituições com propósito de ensinar, podendo ocorrer em museus, projetos de divulgação científica e meios de comunicação, ou seja, ela ocorre em espaços não formais de ensino. Já a educação informal é alheia a uma intenção de ensino, pois ocorre no seio familiar, entre amigos, baseado em conversas e trocas de vivências (MARANDINO *et al.*, 2008).

As características dos contextos educacionais apresentam certa permeabilidade, de tal forma que Marandino *et al.* (2008) estabelece no Quadro 1 uma forma visual de explicar como se distinguem a educação formal, não formal e informal. Percebe-se que a educação formal se encontra em um meio termo entre os outros dois contextos educacionais.

Quadro 1 - Contextos educacionais (recorte adaptado)

	Formal <<<<< Não formal >>>>> Informal	
Propósito:	Geral, com certificação.	Específico, sem necessidade de certificação.
Organização do conhecimento:	Padronizada, acadêmica.	Individualizada, prática.
Estrutura:	Altamente estruturada, currículo definido, atividade determina o perfil do aprendiz, baseada na instituição, avaliativa.	Flexível, ausência de currículo, aprendiz determina perfil da atividade, relacionada à comunidade, não avaliativa
Controle:	Hierárquico.	Democrático.
Intencionalidade:	Centrada no educador.	Centrada no aprendiz.

Fonte: Marandino *et al.*, 2008, p.15

De acordo com Marandino *et al.* (2008), para que uma apresentação em um museu ocorra de forma satisfatória, é preciso que o visitante seja ativo e engajado intelectualmente. Portanto, as situações de diálogo entre o público e os mediadores tendem a levar o expectador a uma experiência de aprendizagem e encantamento. Apesar de a pesquisadora tratar especificamente de museus no texto, pode-se estender as ideias para espaços não formais, em geral, uma vez que as principais características pedagógicas dos museus são bem semelhantes às características de outros espaços não formais onde exista a atuação direta de mediadores. Assim, os autores ressaltam a importância do investimento na formação dos mediadores:

No intuito de atingir a diversidade de públicos, sem perder a qualidade da informação, os museus têm investido cada vez mais na formação de mediadores capazes de explorar não só o conteúdo específico, mas a forma como eles são trabalhados: via boa comunicação visual, seja interativa ou apenas contemplativa, ou por meio da medição humana, descontraída e democrática. (MARANDINO *et al.*, 2008, p. 22)

Segundo Marandino (2015), é por meio das exposições e apresentações que o público se envolve no processo de ensino e aprendizagem. Contribuir para a formação dos mediadores e qualificar o trabalho deles é essencial para que o processo de aprendizagem sociointeracionista ocorra, com uma didática que favoreça a construção do conhecimento.

Deste modo, preza-se mais pela qualidade das interações humanas no processo de aprendizagem do que a quantidade de assuntos aprendidos. Então, Marandino *et al.* (2008) problematizam uma tendência de interatividade por meio de recursos audiovisuais ou manipulação de objetos e instrumentos nos museus, centros de ciências e também nas escolas durante as décadas de 1980 e 1990. Porém, o método “aprender fazendo” não é garantia de

envolvimento intelectual quando a interatividade física está isolada. O papel do mediador ganha importância por perceber, reagir e se adaptar a demanda do público, que por sua vez desperta maior interesse quando existe uma interação que conduz as atividades.

O autor Wagensberg (1998, p. 301) desenvolveu um trabalho de classificação da interatividade de um objeto de conhecimento presente em museus e exposições. Basicamente, ele remete a forma como uma obra ou uma instalação interage com o público estabelecendo três tipos de interatividade: *hands-on*, relacionada a uma interatividade manual; *minds-on*, relacionada a uma interatividade mental; *hearts-on*, relacionada a uma interatividade emocional.

O trabalho de Marandino *et al.* (2008), que aborda o papel do mediador de museus e centros de ciências, utiliza a classificação de Wagensberg (1998) para salientar a importância das estratégias de ensino a serem adotadas ao público. Para Wagensberg⁴ (1998 apud Marandino *et al.*, 2008, p. 22), os três tipos de interatividade dos museus e das exposições são categorizadas e explicados da seguinte forma:

[...] tipos de interatividade: 1) *hands-on*: que considera o toque e a manipulação física como a principal forma de interação; 2) *minds-on*: quando há engajamento intelectual e quando ideias e pensamentos do visitante podem se modificar durante ou depois da visita, suscitando questionamentos e dúvidas e 3) *hearts-on*: quando há estímulo emocional, já que a ideia é atingir a sensibilidade do visitante. (WAGENSBERG, 1998 apud MARANDINO *et al.*, 2008, p. 22)

Com o objetivo de uma exposição ou apresentação de algum projeto de divulgação científica obter êxito no envolvimento e no aprendizado do público, é desejável a presença dos três tipos de interatividade, mesmo que com intensidades diferentes.

Uma crítica que se faz às visitas em espaços não formais é falta de continuidade e planejamento dos professores. Segundo Jardim (2013), durante uma visita a uma exposição em espaço não formal, a quantidade de experimentos realizados em um curto intervalo de tempo não permite que o estudante faça uma imersão no assunto e na sua compreensão. Retomar os assuntos de forma organizada se faz necessário para aproveitar melhor o que foi explorado em uma visita. Diante dessa percepção, é pertinente ter acesso a um produto educacional, no formato de guia ao professor, contendo metodologias para o uso planejado do conteúdo exposto em um espaço não formal. Essa estratégia pode auxiliar o trabalho do professor nas aulas que antecedem e que sucedem uma visita em um espaço não formal.

⁴WAGENSBERG, J. L. A favor del conocimiento científico (Los nuevos museos). Revista Valenciana d'Estudis Autònoms, n.23, segundo trimestre, p.295-309, 1998.

Outra crítica que se faz ao uso de espaços não formais para fomentar o ensino é quanto a sua inviabilidade em abranger locais distantes dos grandes centros urbanos, como nas cidades do interior mineiro distantes de Belo Horizonte. Conforme Jacobucci (2010), as localidades afastadas das principais capitais, geralmente, são carentes de espaços não formais propícios ao ensino. As únicas exceções apresentadas são os centros de memória locais, que guardam pertences de personalidades e documentação sobre a história do município, e as reservas ambientais que em alguns locais são mais acessíveis do que para moradores das capitais. Porém, é escasso o acesso a grandes museus, zoológicos, exploratórios, grandes feiras e centros de ciências. Até mesmo quando organizam excursões aos grandes centros, os professores restringem sua atuação, preferindo cuidar somente das questões disciplinares. Isso ocorre porque o comportamento dos professores dessas localidades é reflexo daquilo que ele já vivenciou. “Como a referência do professor é o espaço que frequenta na cidade em que reside, ou nas proximidades, muitas vezes desconhece as atividades de vanguarda” (JACOBUCCI, 2010). Desta forma, como a maioria deles não está acostumada a frequentar museus, a atuação fica restrita a apenas conduzir os alunos, pois não se sente seguro a fazer parte da mediação entre os alunos e os conteúdos ali expostos.

2.3 Espaços não formais de ensino de ciência

Nos espaços não formais é possível a realização de visitas pedagógicas em suas exposições e/ou apresentações. Quando o local de visitação tem uma intencionalidade clara de ensino, preocupam-se com o nível e com a forma do acesso as informações bem como com a forma de interatividade que será desempenhada em suas instalações. Outra preocupação é a formação e capacitação dos mediadores que atuaram junto aos visitantes em espaços não formais de ensino. Percebe-se que a oferta de formação dos mediadores é mais frequente em cidades com importantes instituições de ensino superior, assim como o investimento em espaços culturais e de acesso ao conhecimento ao público é mais concentrado nas grandes capitais, de acordo com Jacobucci (2010).

Os próprios PCN+ (BRASIL, 2002) descrevem algumas competências esperadas em Física, ao final da educação básica, correlatas ao ensino-aprendizagem em espaços não formais, assim como descritas no Quadro 2 que recorta tais competências.

Quadro 2 - Competências esperadas ao final do ensino básico (recorte)

Representação e comunicação	
Na área (ciências da natureza)	Na Física
• Elaborar comunicações orais ou escritas para relatar, analisar e sistematizar eventos, fenômenos, experimentos, questões, entrevistas, visitas, correspondências.	• Descrever relatos de fenômenos ou acontecimentos que envolvam conhecimentos físicos, tais como relatos de viagens, visitas ou entrevistas, apresentando com clareza e objetividade suas considerações e fazendo uso apropriado da linguagem da Física. Por exemplo, elaborar o relatório da visita a uma usina termelétrica, destacando sua capacidade de geração de energia, o processo de produção e seus impactos locais, tanto sociais como ambientais.
Investigação e compreensão	
Na área (ciências da natureza)	Na Física
• Compreender a ciência e a tecnologia como partes integrantes da cultura humana contemporânea.	• Promover e interagir com meios culturais e de difusão científica, por meio de visitas a museus científicos ou tecnológicos, planetários, exposições etc., para incluir a devida dimensão da Física e da ciência na apropriação dos espaços de expressão contemporâneos.

Fonte: PCN+ (BRASIL, 2002)

Para explorar principalmente os assuntos da Física, destacam-se entre esses ambientes alternativos os centros de ciências e museus, os teatros, os observatórios, os planetários e projetos de divulgação científica (itinerantes ou exploratórios com sede fixa).

2.3.1 Centros de ciências e museus

Os centros e museus de ciência são espaços oportunos que, além de divulgar a ciência para a população geral e promover a alfabetização científica, constituem um espaço não formal de ensino, onde os alunos podem complementar a formação com atividades interativas e lúdicas, conciliando aprendizado e entretenimento (VALENTE; CAZELLI; ALVES, 2005). Entretanto, esse tipo de espaço se concentra em grandes centros urbanos, nem sempre acessíveis a uma boa parcela da população estudantil.

Para que seja mais proveitosa a visita a centros de ciências e museus, o professor deve conhecer o local, de antemão. Relacionar a visita com assuntos abordados em sala de aula, anteriormente ou posteriormente, possibilita e promove a mediação entre a construção do

conhecimento aprendido com linguagem do professor em sala associada aos signos vivenciados neste tipo de espaço não formal (SANTOS; FERNANDES, 2015).

2.3.2 *Teatros*

Peças teatrais sobre cientistas foram escritas e encenadas, com grande aceitação do público e da crítica. O teatro constitui uma ferramenta de aprendizagem interdisciplinar, integrando as ciências da natureza com as ciências humanas e sociais (MEDINA; BRAGA, 2010). Grandes cientistas foram retratados em peças teatrais, entre eles destacam-se os seguintes, com suas respectivas peças teatrais: Galileu Galilei, na peça “A vida de Galileu Galilei”, texto de Bertolt Brecht; Albert Einstein, na peça “Einstein”, obra de Gabriel Emanuel; Niels Bohr e Heisenberg, no espetáculo “Copenhague”, texto de Michael Frayn; Johannes Kepler e Galileu Galilei, novamente, na peça “Dança do Universo”, texto adaptado de Oswaldo Mendes; Isaac Newton e Leibniz, na peça “*Calculus*”, obra de Carl Djerassi; Richard Feynman, na peça “E agora Sr. Feynman?”, texto adaptado de Peter Parnell. Entretanto, assistir uma peça dessas é uma questão de oportunidade, já que nem sempre elas estão em cartaz, isso quando a cidade possui um teatro para a ocasião. Assistir vídeos das encenações não fornece a mesma atmosfera de se assistir à peça ao vivo, mas pode configurar-se na única estratégia possível de trazer essa ferramenta de aprendizagem para o universo do aluno. Entretanto, outra possibilidade, um pouco mais complexa, é a encenação das peças teatrais por parte dos alunos. Essa atividade oportuniza tarefas de pesquisa e estudo em um processo de imersão na aprendizagem.

2.3.3 *Observatórios e planetários*

Observar planetas do sistema solar e outros astros se configura como uma atividade científica de profunda relevância, mas também se trata de uma atividade educativa e de entretenimento. Tanto é que várias universidades possuem observatórios acessíveis ao público formado por alunos da Educação Básica e ensino superior. Um exemplo é o Observatório da Coordenadoria de Divulgação Científica e Cultural (CDCC/USP), de propriedade de Universidade de São Paulo. Situado no centro da cidade de São Carlos, no estado de São Paulo, a localização é propícia para receber visitantes e exercer suas finalidades: divulgação científica, educação e entretenimento (AROCA, 2008).

2.3.4 Projetos de divulgação científica

Os projetos que visam divulgar a atividade científica e o ensino costumam estar vinculados a universidades. Alguns possuem localização fixa e permanente, outro tem caráter itinerante, o que possibilita a realização do trabalho com alcance que transcende os centros urbanos. Fato é que eles representam uma alternativa para os professores da educação básica de escolas sem recursos para atividades práticas.

Um projeto de destaque no cenário nacional é “Arte & Ciência no Parque”. Ele acontece desde 2006, itinerante e ao ar livre, nos parques da cidade de São Paulo (TEIXEIRA; MURAMATSU; ALVES, 2010). Formatado nas ideias de Vygotski sobre a construção de conhecimento pela interação social e pela mediação com os símbolos presentes, o projeto busca o letramento científico da população através de práticas demonstrativas e interativas.

Para levar experimentos de Física a pequenas cidades do sul da Bahia, o projeto itinerante “Caminhão com Ciência” se apresenta em localidades que, por estarem distantes dos grandes centros, não possuem acesso tão facilmente a espaços não formais. Segundo os dados da pesquisa de Santos *et al.* (2009), nos três primeiros anos do projeto foram 28 municípios visitados e atendidos um público de mais de 13 mil pessoas.

Em Belo Horizonte, temos três projetos voltados para o ensino de Física em espaços não formais que desenvolvem um trabalho bastante relevante: o Circo da Física, da PUC Minas, o projeto Física Mais que Divertida e a Sala de Demonstração de Física, ambos vinculados ao Departamento de Física do ICEx/UFMG.

2.3.4.1 O Circo da Física

O Circo da Física é um projeto de divulgação científica que compõe a estrutura curricular do curso de Licenciatura em Física da PUC Minas. As atividades do Circo da Física se iniciaram em outubro de 2003, com suas atividades vinculadas ao ICEI, Instituto de Ciências Exatas e Informática. O escopo do projeto é auxiliar os alunos da disciplina de Prática de Ensino I e Prática de Ensino II a planejar, desenvolver e executar experimentos voltados ao público de alunos da Educação Básica (DICKMAN *et al.*, 2011). Atualmente, o Circo da Física conta com a colaboração de oito estagiários bolsistas, oriundos dos cursos de Licenciatura em Física e de Licenciatura em Matemática, além de alguns estagiários voluntários. Além deles, alguns alunos matriculados nas disciplinas de Prática de Ensino têm como uma das tarefas do semestre a participação nos eventos do projeto nas escolas.

Os eventos itinerantes do Circo da Física acontecem esporadicamente, conforme solicitação das escolas que pretendem receber a visita do projeto. O projeto não tem fins lucrativos, portanto, não existe qualquer cobrança de cachê ou algo do gênero por parte do Circo. As escolas apenas precisam fornecer alimentação aos estagiários e monitores do projeto durante o evento e arcar com as despesas de transporte dos equipamentos e do pessoal, do campus PUC - Coração Eucarístico para a escola de destino e o respectivo retorno. Com essa estrutura organizacional, o Circo da Física realiza visitas nas escolas da região metropolitana de Belo Horizonte, levando seus experimentos com a finalidade de difundir o conhecimento científico aos alunos do Ensino Fundamental e Médio, buscando despertar o interesse pela Física. A iniciativa de levar o Circo da Física para uma escola deve partir da direção e professores do local. A presença do Circo da Física cria um dia letivo atípico na escola, o que propicia aos alunos vivenciarem uma formatação diferente de aprendizagem, um ensino não formal, lúdico e intimamente vinculado à atividade prática.

Durante as férias escolares, os estagiários do Circo da Física montam uma exposição permanente no Museu de Ciências Naturais da PUC Minas, como parte integrante do evento institucional “Férias no Museu”. Nesse período os estagiários exercem papel de mediadores, apresentando os experimentos, interagindo com os expectadores e explicando os princípios físicos relacionados ao cotidiano comum.

Figura 1 - Montagem da estrutura do Circo da Física numa escola pública



Fonte: Dados da pesquisa

A interação com público-alvo é benéfica para ambas as partes. Para os graduandos em Física, ela contribui para sua formação profissional ao possibilitar uma experiência pedagógica

de mediação entre um experimento e estudantes. Para os estudantes, além da parte lúdica e divertida dos experimentos, a interação com o mediador e com o experimento permite que consigam observar, compreender, indagar e construir o conhecimento sobre conceitos e fenômenos físicos.

Atores fundamentais nas operações do projeto, os estagiários trabalham na produção de novos experimentos e na manutenção nos experimentos do acervo. Entretanto, a sua função de maior destaque é o papel de mediadores entre o público e os experimentos nas exposições/apresentações do Circo da Física. Alves (2012), em sua pesquisa, destaca fundamentalmente o seguinte aspecto:

O empenho para melhoria nas apresentações se dá cada vez que o mediador passa por uma nova apresentação, pois situações diferentes são encontradas a cada apresentação. O mediador torna-se mais reflexivo quanto a sua didática e propõem para si mesmos uma nova abordagem quando a antiga não satisfaz ao público. (ALVES, 2012, p. 21)

Ao considerar a reflexão necessária ao mediador durante sua prática e sobre sua prática, Alves (2012) indica que os estagiários do Circo da Física desenvolvem uma importante competência profissional, plausível com o que está referenciado por Donald Schön, o que será abordado no capítulo seguinte.

Conforme relatado anteriormente, a gama de experimentos do Circo da Física está em constante e gradual transformação. Novos experimentos são desenvolvidos, sob orientação de alguns professores da graduação, outros passam por manutenção e readequação. Alguns sofrem panes de difícil reparação e são descartados, outros experimentos não têm tanto apelo do público e por isso deixam de ser utilizados em certos momentos.

O Circo da Física pode apresentar os três tipos de interatividade definidos por Wagensberg (1998): *hands-on*⁵, *minds-on*⁶ e *hearts-on*⁷. Como classificar em relação ao tipo de interatividade irá depender do experimento do Circo em exposição. Alguns experimentos do Circo funcionam mediante manuseio e operação dos alunos, ou seja, são do tipo *hands-on*. No experimento denominado Cochichódromo, por exemplo, é necessária a ação de dois alunos, cada um posicionado no foco de duas antenas parabólicas e assim, eles conseguem se comunicar, a uma determinada distância, o que sem o dispositivo das antenas parabólicas seria

⁵*Hands-on* é um verbete da língua inglesa que significa “por as mãos na massa”. Está relacionado às atividades realizadas de forma manual. Em sentido literal, significa “mãos em”.

⁶*Minds-on* em seu sentido literal, na tradução do inglês, significa “mentes em”. Está relacionado a atividades que necessitam de empenho cognitivo para serem executadas.

⁷*Hearts-on* está ligado às atividades que empregam as emoções e os sentimentos em suas execuções. Em sentido literal, na tradução do inglês, significa “corações em”.

normalmente impossível. Outros experimentos são do tipo *minds-on*, pois eles necessitam de uma análise dos fenômenos físicos e dos conceitos envolvidos para fazer sentido, o que muitas vezes é contraditório ao senso comum, suscitando dúvidas e remontando ideias e paradigmas. Um exemplo de experimento do Circo que fornece esse tipo de interatividade é intitulado Fonte de Heron, a qual esguicha água no alto da montagem com boa desenvoltura, ainda que a fonte d'água não utilize qualquer auxílio de equipamento elétrico de sucção ou bombeamento de água, o que causa no espectador dúvida e questionamentos. E em alguns experimentos que apresentam uma interatividade do tipo *hearts-on* percebe-se um envolvimento, principalmente dos alunos adolescentes, por se tratar de releituras de personagens do cinema ou de histórias em quadrinho. Outros experimentos que apresentam o mesmo tipo de interação vinculam o estímulo emocional ao medo de tomar choque ou se furar ou a euforia de se locomover em um veículo flutuante. Para exemplificar um experimento desse tipo, pode-se destacar o Gerador de Van der Graaff. Os alunos são testados a conhecer na prática conceitos de eletrização, de campo elétrico e de corrente elétrica. A apreensão devido ao temor de um choque elétrico proporciona uma experiência interessante que prende a atenção dos espectadores, além do aspecto lúdico de quando o medo é convertido em risadas após uma leve passagem de corrente elétrica. Apesar de destacar os experimentos anteriores em somente um tipo de interatividade, alguns experimentos podem conter mais de um tipo de interatividade predominante.

O produto educacional *Guia de Experimentos do Circo da Física* selecionou três experimentos para exemplificar uma proposta metodológica de como o professor pode utilizar uma exposição do Circo da Física para explorar melhor conteúdos com seus alunos em sala de aula. Os experimentos em destaque no *Guia* são Laser falante, Braquistócrona e Martelo de Thor. A motivação para selecionar tais experimentos se deve, entre outros fatores, por se tratar de blocos distintos da Física estudada no Ensino Médio: ondas, eletromagnetismo e mecânica, respectivamente. Outro fator se deve ao “tipo de interatividade” (WAGENSBERG, 1998) que eles apresentam ao público, distintos entre si. Essa classificação se refere, originalmente, a museus e exposições. Quando o Circo da Física monta sua estrutura e experimentos na quadra de uma escola, podemos caracterizá-lo como uma exposição, ainda que itinerante. Como um dos resultados da pesquisa, a classificação e análise do tipo de interatividade dos três experimentos selecionados para o *Guia* será apresentada no capítulo reservado a Metodologia.

O Circo da Física, apesar de funcionar predominantemente de forma itinerante, sem estrutura montada e fixa, com exposições permanentes, revela-se em compatibilidade de características em relação a um “museu discurso” (NASCIMENTO, 2010). No que se refere a sua didática, percebe-se muitas semelhanças com a didática museal (MARANDINO, 2015), a

qual se pode destacar um fator comum entre o Circo da Física e a nova geração de museus, fator esse que atua na inter-relação entre o espectador e o conteúdo a ser divulgado e/ou ensinado: a mediação (MARANDINO *et al.*, 2008).

Outra semelhança que permite estabelecer uma convergência entre museus e o Circo da Física é que em ambos os casos existe uma intencionalidade explícita de ensino, fomentada por instituições, porém, sem a necessidade de um sistema de avaliação ou certificação. A busca pelo conhecimento por parte do espectador ocorre pelo seu engajamento e não pela busca de uma aprovação em testes (MARANDINO *et al.*, 2008). Isso define ambos, o Circo e os museus, como espaços de educação não-formal. Tanto que o Circo da Física participa do evento “Férias no Museu”, na PUC Minas, de forma bem espontânea, sem causar estranheza ao público que visita sua exposição, como se ocupassem aquele espaço permanentemente.

3 REFERENCIAL TEÓRICO-PEDAGÓGICO

Em face ao estado da arte apresentado no capítulo anterior, em que foi realizado um levantamento de experiências de Física em espaços não formais, faz-se necessário abordar teorias educacionais pertinentes ao contexto de aprendizagem que se desenha pela atuação do Circo da Física. Entender como o processo ensino-aprendizagem ocorre é essencial para destacar os pontos fortes desse projeto de divulgação científica, mas também contribui para delimitar sua abrangência e seu aspecto complementar de educação não formal. Diante da proposta de se investigar o ensino na perspectiva dos mediadores do Circo da Física, entender a teoria que aborda o papel de quem ensina e como se ensina é de suma relevância. Outro aspecto a enfatizar no marco teórico é a aprendizagem, pelo fato do Circo da Física atuar em espaços não formais, longe do rigor da grade curricular. Utilizar um referencial teórico que ressalta as várias formas para que aconteça o aprendizado, desde que haja interação, nos mais diversos contextos e desde o nascimento de uma criança, mostra a pertinência do que se pretende apresentar nesse trabalho.

Percebe-se na atuação do Circo da Física, através de seus experimentos uma abordagem cognitivista. Conforme definido por Mizukami (1986), a abordagem cognitivista expressa que a construção do conhecimento acontece como um produto da interação do homem entre os homens e entre o mundo. Desta forma, a cultura e história permeiam todo o desenvolvimento cognitivo. Ao professor, ou especificamente aqui, ao mediador, é uma função criar situações, propiciando condições em que possam se estabelecer, a partir da interação durante uma atividade prática, reciprocidade intelectual, construção de conhecimento e desenvolvimento do raciocínio e do pensamento. Portanto, aproximam-se diante da atuação do Circo da Física e de seus mediadores, as ideias de Lev S. Vygotski, em sua teoria sociointeracionista, e de Donald Schön, com seus estudos filosóficos sobre o que significa ser um “profissional reflexivo”. Esse último inspirou a criação do produto educacional dirigido aos professores que, antes, durante e depois da exposição do Circo da Física, podem se deparar com demandas e precisam de suporte para refletir na ação e agir de forma adequada. O produto educacional também foi criado para atender os estagiários novatos, fornecendo informações sobre os experimentos. Desta forma, esses novatos podem se preparar melhor antes de atuarem e, conseqüentemente, atuar como mediadores de forma mais efetiva nas exposições do projeto.

3.1 A Teoria Sociointeracionista de Vygotski

Em sua teoria de desenvolvimento mental, formação do pensamento e linguagem, Lev Semyonovich Vygotski (1896 - 1934) revela-se como um dos principais estudiosos dos conceitos e métodos aplicados à aprendizagem e ao desenvolvimento cognitivo. Vygotski, psicólogo bielorrusso, morreu de tuberculose aos 38 anos de idade e não pode ver a publicação e repercussão de suas principais obras (RABELLO; PASSOS, 2016), desconhecida no ocidente até 1960. Sua formação universitária abrange áreas como a linguística, estética e literatura, filosofia e história. Mas, o maior foco de sua dedicação durante sua formação acadêmica foi na psicologia.

Em 1924⁸, Vygotski se estabeleceu em Moscou e se integrou ao Instituto de Psicologia. Iniciou-se, então, uma “prodigiosa década” (IVIC, 2010), em que Vygotski se associa a colaboradores e, juntos, elaboram uma reconstrução da psicologia, com teorias histórico-culturais dos fenômenos psicológicos. Destaca-se na parceria de trabalho com ele alguns nomes como Luria, Leontiev e Sakharov. Suas principais obras, traduzidas para o português são “A Construção do Pensamento e Linguagem”, “A formação social da mente” e “Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem”.

Assim, ele deixou um legado associado aos estudos da psicologia da educação, demonstrando que o desenvolvimento cognitivo é constituído pela interação entre o indivíduo, os outros indivíduos e o meio (RABELLO; PASSOS, 2016). Esse desenvolvimento consiste na formação de funções compostas, sistemas de funções, e não somente o progresso isolado. Então, ele define que a aprendizagem se dá por meio da interação social promovidos pela linguagem e pela ação. Entre outros conceitos, alguns estudados anteriormente por Piaget, ele é um dos primeiros a considerar a criança de forma individual, unidade em formação pela sua própria história, com suas peculiaridades e nuances. Rabello e Passos (2016) estabelecem um paralelo entre as teorias piagetianas e vygotskianas:

Para J. Piaget, dentro da reflexão construtivista sobre desenvolvimento e aprendizagem, tais conceitos se inter-relacionam, sendo a aprendizagem a alavanca do desenvolvimento. A perspectiva piagetiana é considerada naturacionista, no sentido de que ela preza o desenvolvimento das funções biológicas – que é o desenvolvimento - como base para os avanços na aprendizagem. Já na chamada perspectiva sociointeracionista, sociocultural ou sócio histórica, abordada por Lev Vygotski, a relação entre o desenvolvimento e a aprendizagem está atrelada ao fato de o ser humano viver em meio social, sendo este a alavanca para estes dois processos. (RABELLO; PASSOS, 2016, p. 4).

⁸ Moscou em 1924: ano da morte de Vladimir Lênin, *premier* da União Soviética, concebida e governada pelo Partido Comunista.

Para Rabello e Passos (2016), Vygotski prioriza o processo sócio histórico. Sua questão principal é a aquisição de conhecimentos pela interação do sujeito com o meio (outros sujeitos, ambiente, instrumentos). Afinal, o sujeito interage e adquire conhecimento pelas relações intrapessoais, interpessoais e de troca com o meio, num processo denominado mediação.

Um dos princípios da teoria vygotskiana é a explicação sobre o desenvolvimento cognitivo da criança com base na construção do pensamento e da linguagem. Com isso, são propostos conceitos tais como o desenvolvimento real e a zona de desenvolvimento proximal (ZDP). Sobre a ZDP, Vygotski (1991) versa o seguinte:

Propomos que um aspecto essencial do aprendizado é o fato de ele criar a zona de desenvolvimento proximal; ou seja, o aprendizado desperta vários processos internos de desenvolvimento, que são capazes de operar somente quando a criança interage com pessoas em seu ambiente e quando em operação com seus companheiros. Uma vez internalizados, esses processos tornam-se parte das aquisições do desenvolvimento independente da criança. (VYGOTSKI, 1991, p.60)

Portanto, é peça chave para o desenvolvimento das operações mentais a interação com pessoas e com o que está ao seu redor. O desenvolvimento é próprio do indivíduo, mas ele depende de que se relaciona e de como ele se relaciona.

Como o aprendizado está atrelado ao desenvolvimento, mesmo que sejam coisas distintas como definido por Vygotski (1991), temos que a possibilidade de socialização e inserção cultural numa proposta em espaços alternativos com podem se tornar agentes facilitadores e potencializadores do processo educacional, mesmo que depois seja necessária uma reorganização e retomada, pelos professores com os alunos, das ideias abordadas durante uma atividade prática em um espaço não formal.

[...] o aprendizado adequadamente organizado resulta em desenvolvimento mental e põe em movimento vários processos de desenvolvimento que, de outra forma, seriam impossíveis de acontecer. Assim, o aprendizado é um aspecto necessário e universal do processo de desenvolvimento das funções psicológicas culturalmente organizadas e especificamente humanas. (VYGOTSKI, 1991, p.61)

Conhecer algo a partir da construção do seu significado, com mediação, na prática, constitui a formação do pensamento: suas formas, cheiros, cores, funcionalidades e outros aspectos. A palavra é associada a um pensamento ao se vivenciá-la, experimentá-la. Essa associação de palavra e pensamento ocorre principalmente quando se refere a um conceito científico, que é mais complexo do que resolver o problema da significação dos objetos (VYGOTSKI, 2008). Saber resolver circuitos elétricos sem ao menos tocar ou saber como são interruptores e disjuntores se torna algo vago. Compreender como algumas grandezas físicas

estão relacionadas com o momento de uma força sem indagar o porquê da maçaneta de uma porta fica sempre numa posição afastada da dobradiça ou calcular a queda de corpos sem experimentar em quais situações a resistência do ar é mais evidente não fazem sentido em termos de aprendizado. Se o desejo é conhecer algo, mais construtivo será o aprendizado quando se vivencia esse conhecimento.

3.2 O profissional (professor) reflexivo

Donald Schön (1930 -1997) nasceu em Boston, nos Estados Unidos da América. Graduado e doutor em filosofia pela Universidade de Harvard, exerceu cargo de professor e pesquisador no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). Seu trabalho está concentrado no termo “profissional reflexivo” e seus desdobramentos, porém, posteriormente suas ideias foram lapidadas em cursos de formação de professores, o que gerou algo mais específico, o “professor reflexivo” (SHIGUNOV NETO; FORTUNATO, 2017). Schön desenvolveu grande parte de seus estudos a partir da teoria proposta por John Dewey⁹, principalmente a partir do livro “*How we think*”¹⁰, que data de 1910. Seguindo a escola filosófica de Dewey, Schön tinha a convicção que a educação só é possível quando existe uma integração entre teoria e prática. O indivíduo e o meio se encontram em harmonia quando ocorre o processo educativo.

Explorando um pouco mais a influência que Dewey representou para Donald Schön, a educação é caracterizada, para ambos, como um processo de reconstrução e reorganização da experiência. Assim, a educação tem a finalidade de melhor balizar o rumo de nossas futuras experiências. Segundo Shigunov Neto e Fortunato (2017, p. 124), Dewey acreditava que existam cinco condições necessárias para que ocorra o processo de aprendizagem: “só se aprende o que se pratica; não basta praticar; aprende-se por associação; não se aprende nunca uma coisa só; toda a aprendizagem deve ser integrada à vida, isto é, adquirida em uma experiência real da vida”. Desta forma, podemos dizer que o estudante aprende quando está interagindo com um experimento guiado por um mediador. E o mediador, ao refletir na ação e sobre a ação também está apropriando de uma experiência única, própria daquele momento e, conseqüentemente, está num processo de aprendizagem.

⁹Jonh Dewey (1859-1952) foi o mais importante filósofo norte-americano da primeira metade do século XX. Publicou obras nas áreas de filosofia, psicologia, sociologia e, principalmente, educação.

¹⁰ Famosa obra de Jonh Dewey, traduzida para o português com o título “Como pensamos”.

Para Schön (2000), o profissional reflexivo precisa estar atento e ter competência para três momentos distintos: reflexão na ação, reflexão sobre a ação e reflexão sobre a reflexão na ação.

Os experimentos de Física e os espaços não formais podem ser meios para se alcançar compreensão e transposição do significado de conceitos científicos da Física. A interação, a mediação, a promoção do raciocínio para se chegar à aprendizagem, nessa configuração é transportada do professor para o estagiário do Circo da Física, que tem a responsabilidade de promover as interações dos alunos com o experimento, explicar os conceitos e realizar uma “reflexão na ação” (SCHÖN, 2000). Ou seja, de forma simplificada e resumida, é uma reflexão que emerge de uma situação, para suprir uma demanda de algum aluno em seu processo de construção do pensamento.

Ao analisar o mediador de museus, Marandino *et al.* (2008) usam como referência o trabalho de Schön sobre a reflexão na ação. Em ação durante a visita de um grupo a um museu, o mediador se vê diante de dúvidas, conflitos ou desinteresse dos visitantes. A solução permeia uma rápida tomada de decisão baseada na sua vivência e na sua experiência adquirida, uma reflexão na ação. Portanto, esse cenário produz para o mediador um incremento a sua formação, mesmo que ele não tenha muita clareza e consciência disso. Segundo Marandino (2003), é necessário que os cursos de formação de professores contemplem em seus currículos não só os conteúdos, mas também competências pedagógicas que estabeleçam uma profunda reflexão do professor “sobre a” e “na” prática cotidiana, conferindo capacidade tática para intervir e solucionar demandas.

Para Shigunov Neto e Fortunato (2017), a reflexão na ação emerge durante a ação, diante de uma situação imprevista, seja essa situação um problema, um questionamento ou uma oportunidade. É necessário que o profissional saiba sentir o momento e consiga dialogar com a própria ação. Dessa estratégia não planejada é possível extrair possibilidades de aprofundamento e investigação. Assim, o “pensar serve para dar nova forma ao que estamos fazendo, enquanto ainda fazemos” (SCHÖN, 2000, p. 23).

Outra etapa importante para o “professor reflexivo” é a reflexão sobre a ação, ou seja, uma reconstrução posterior em função de uma análise retrospectiva (SHIGUNOV NETO; FORTUNATO, 2017). Portanto, cria-se um diálogo com outras experiências, práticas ou teóricas, com objetivo de ampliar a compreensão atual e reformular práticas futuras. Por essa via o professor torna-se um pesquisador no contexto da prática.

3.3 A importância dos experimentos

A revolução científica colocou a humanidade em outro patamar histórico. Vincular as leis naturais das coisas e dos fenômenos não era mais concebido de forma dogmática. Galileu Galilei defendia que o *método* é a forma mais aceitável para se ter uma previsão da realidade. Observadas as características objetivas (mensuráveis), desprezadas as características subjetivas (dependem da impressão de cada sujeito), têm-se o mais próximo do real. Para diminuir a subjetividade da visão humana sobre os astros, Galileu usou a luneta astronômica (REALE, 1990). A observação, denominada por ele como “experiência sensata”, revelou muitas novidades, jamais alcançáveis aos olhos humanos, relatadas na obra “*Sidereus Nuncius*”. Outra forma de experimentação proposta por Galileu são as “demonstrações sensatas”, as quais se busca comprovar uma hipótese. Uma dessas “demonstrações sensatas” se encontra na obra “*Diálogos sobre os dois máximos sistemas do mundo*”, onde o personagem Salviati (que dá voz a Galileu) descreve a nobre experiência do plano inclinado aos personagens Sagredo e Simplicio. Desde então, a experiência tem papel fundamental no conhecimento científico.

O experimento permite uma interação do aprendiz com a aprendizagem, com o meio e com quem ensina. Segundo Vygotski (2001), a construção do conhecimento e significado das coisas é fruto de interação e mediação, ou seja, através de trocas entre parceiros sociais e com o meio. A configuração de uma aula tradicional permite a troca entre o professor e os alunos, porém, sem instrumentos auxiliares na formação do conceito, a aprendizagem não é favorecida. Um meio em que se pode construir o conhecimento associando a linguagem ao pensamento favorece, consideravelmente, a construção do significado e do conceito, estruturando melhor as ideias sobre o objeto do conhecimento. Logo, aulas interativas em laboratórios ou em espaços não formais favorecem o aprendizado. Contudo, a inserção dos indivíduos num meio social e coletivo pode ser uma alavanca para o desenvolvimento e aprendizado do indivíduo.

4 METODOLOGIA

A pesquisa e a obtenção de dados se desenvolveram em três etapas, descritas e analisadas nesse capítulo nos tópicos 4.1, 4.2 e 4.3, respectivamente.

A primeira etapa consistiu na observação das características dos experimentos e acompanhamento das atividades do Circo da Física, bem com a atuação de seus mediadores.

A segunda etapa se refere a uma pesquisa de campo realizada durante a visita itinerante a uma escola pública.

A terceira etapa pesquisou a perspectiva dos mediadores do Circo da Física sobre o ensino e como os experimentos do Circo da Física auxiliam a aprendizagem de alunos da Educação Básica.

O primeiro contato da estabelecido pela pesquisa com o Circo da Física ocorreu de forma extra-oficial. Aconteceu durante o evento “Férias no Museu”, organizado pela PUC Minas no Museu de Ciências Naturais, em janeiro de 2018. O evento é idealizado para atender crianças com suas famílias durante as férias escolares, promovendo oficinas, jogos e exposições, tais como as do Circo da Física. Após esse evento, foi realizado um contato formal com a secretaria responsável por gerenciar os assuntos do projeto, demonstrando a intenção de usar o Circo da Física como local de pesquisa para esse trabalho. Em seguida, uma reunião foi agendada com a professora coordenadora do projeto. Ela, então, autorizou o acesso ao acervo de experimentos do Circo da Física e colocou os estagiários do projeto à disposição da pesquisa. A partir daí, ficou disponível o acesso à sala reservada ao Circo da Física, no prédio da PUC Minas onde estão localizadas as secretarias dos cursos e os laboratórios de Física, de Ciências da Computação e de Química, no campus Coração Eucarístico. Foram agendados encontros periódicos nessa sala do Circo juntamente com alguns estagiários, que executaram as tarefas de montar os experimentos, esclarecer dúvidas e responder um a questionário aberto. Nesse período, surgiu a oportunidade de acompanhar o Circo numa ação itinerante no dia 13 de abril de 2019, na Escola Municipal Antônio D’Assis Martins, localizada na cidade de Betim, Minas Gerais. Essa escola pública oferece vagas no Ensino Fundamental, de 1º até 9º ano. Ao acompanhar essa exposição do Circo, foi possível observar a atuação dos mediadores, o funcionamento dos experimentos e a interação dos alunos com ambos. Diante da oportunidade, uma pesquisa com questões fechadas foi aplicada aos alunos de 9º ano dessa escola, pois a Física é contemplada na grade curricular para esses alunos.

4.1 Observações dos experimentos e da atuação dos mediadores

Durante os encontros realizados na sala reservada ao Circo da Física, foi possível conhecer os experimentos mais utilizados pelo Circo da Física. Antes disso, a única observação sobre a atuação do Circo foi realizada no evento “Férias no Museu”, mas lá não estavam disponíveis todos os experimentos do acervo e nem todos estagiários estavam trabalhando lá naquela ocasião. Portanto, naquele momento não era adequado analisar com precisão a forma como os estagiários exerciam a mediação entre os experimentos e os alunos. Somente após a realização do evento na escola pública de Betim, foi possível ter uma dimensão mais próxima de dinâmica de funcionamento do projeto. Assim, após a concepção desse contexto, foi possível selecionar três experimentos para compor o produto educacional desenvolvido nesse trabalho, o *Guia de Experimentos do Circo da Física*. Tais experimentos são o Laser falante, a Braquistócrona e o Martelo de Thor. Apesar de somente três experimentos serem tratados nesse produto educacional, ele serve para exemplificar uma metodologia de uso do conteúdo por trás das exposições do Circo para um professor lecionar a Física aproveitando melhor a prática envolvida.

Para estudar melhor as especificidades desses três experimentos, durante algumas semanas, os encontros realizados na sala do Circo da Física eram dedicados a estudar e discutir os funcionamentos e possibilidades dos três experimentos selecionados. Após esse estudo, os três experimentos selecionados para o *Guia* foram classificados quanto ao tipo de interatividade, conforme definido por Wagensberg (1998), descrito no capítulo 2.

4.1.1 Observação de três experimentos selecionados

Durante a etapa de observações, foi realizado o acompanhamento das atividades dos mediadores do Circo da Física em dois eventos distintos, conforme descritos anteriormente, no Museu da PUC Minas e numa escola pública de Betim.

O experimento Laser falante está muito bem relacionado com as tecnologias empregadas em telecomunicações que, geralmente utilizam ondas eletromagnéticas para transportar informações. Basicamente, o equipamento consiste em um microfone para captação de áudio ligado a um circuito que o modula o sinal de áudio captado e transmite através de um feixe de *laser*. O sinal, então, é transportado por meio do feixe de luz visível e é captado por um sensor de luminosidade, posicionado em alinhamento com a lanterna à *laser*. O sinal recebido pelo sensor de luminosidade é convertido e amplificado por um circuito ligado a alto-

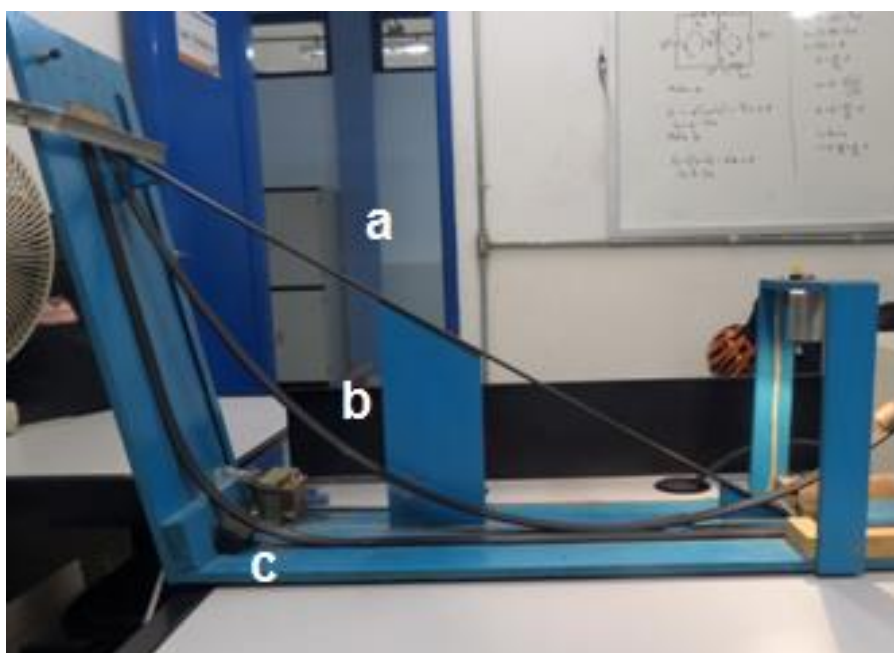
falantes, numa distância de aproximadamente dois metros entre a entrada de áudio (microfone) e a saída de áudio (caixas de alto-falante). O sistema tem praticamente o mesmo princípio do microfone sem fio, transmissão de dados *wireless*, radiodifusão etc.

O experimento Braquistócrona consiste em uma competição entre três esferas metálicas idênticas. Elas são abandonadas ao mesmo tempo de uma mesma altura e devem percorrer suas respectivas rampas de descida entre as três opções a, b e c, conforme Figura 2. Ao atingir o ponto de chegada, um sensor é acionado e uma lâmpada acende definindo a esfera que chegou primeiro. Os perfis das rampas são os seguintes:

- a) Uma reta com inclinação constante;
- b) A curva braquistócrona, definida como uma parte invertida de uma ciclóide proveniente da trajetória de um ponto fixo de um aro circular quando posto a girar;
- c) Uma rampa muito inclinada inicialmente, próximo a 90° e com restante da trajetória com levemente inclinada, próximo a 0° .

Os perfis das rampas a, b e c, descritas acima, estão sinalizados na Figura 2.

Figura 2 - Perfil das rampas no experimento Braquistócrona



Fonte: Dados da pesquisa

Quando as esferas são abandonadas simultaneamente, a esfera que sempre atinge o ponto de chegada primeiro é a da curva braquistócrona (perfil b), surpreendendo alguns espectadores por esse caminho não ser o mais curto entre a largada e chegada.

O experimento Martelo de Thor faz uma alusão ao mais popular deus e herói da mitologia nórdica. A parte física desse experimento está ligada ao funcionamento dos eletroímãs. Inicialmente, o martelo de aço se encontra encaixado numa estrutura que reproduz o formato de uma rocha, em cima de uma pequena mesa. Lá dentro da estrutura, na parte inferior, tem-se uma bobina de cobre e um núcleo ferroso. Apesar de um pouco pesado, é possível erguer o martelo e tirá-lo da estrutura normalmente. Porém, quando o mediador evoca o mito de que só os dignos podem erguer o martelo, assim como Thor, ele utiliza um controle remoto que envia um comando a uma placa responsável por ligar a corrente elétrica do um circuito da bobina. Assim, corrente elétrica, quando passa pelo fio condutor que envolve a bobina, cria um campo magnético na parte interna da bobina. Esse campo magnético gera no núcleo ferroso uma imantação, que se prende ao martelo de aço, dificultando consideravelmente sua retirada. Desligando a corrente elétrica que passa pela bobina, após alguns instantes devido à histerese, o núcleo ferroso deixa de atrair o martelo e ele pode ser novamente retirado da estrutura.

4.1.1.1 Tipo de interatividade presente nos três experimentos selecionados

Os três experimentos foram classificados da seguinte forma, de acordo com a predominância do tipo de interatividade (WAGENSBERG, 1998):

- Laser falante: *hands-on*;
- Braquistócrona: *minds-on*;
- Martelo de Thor: *hearts-on*.

Logicamente que o tipo de interatividade não é único e absoluto. Existem experimentos que revelam características pertinentes com todos os três tipos. A seguir está a análise que justifica a classificação do tipo de interatividade predominante dos referidos experimentos.

No caso do experimento Laser falante, destaque se dá pelo tipo *hands-on*. Os alunos testam o funcionamento do equipamento ao manipulá-lo para que o laser atinja o sensor. Depois, eles executam o teste da comunicação ao falar no microfone e perceber o saindo dos alto-falantes, cujo exemplo dessa ação é retratado na Figura 3. Alguns alunos mais curiosos testam interromper a passagem do feixe de luz com a mão para testar se o sinal deixa de ser transportado.

Figura 3 - Alunas interagindo, manuseando e se comunicando ao utilizar o experimento

Laser falante



Fonte: Dados da pesquisa

A condução da atividade prática é realizada por intermédio do estagiário do Circo que explica e interage com o espectador que realiza o experimento. Na Figura 3, é possível perceber também a ação de um estagiário do Circo. Ele aparece de camiseta preta, com postura esguia, próximo a mesa do segundo plano, gesticulando, exercendo uma mediação entre o experimento, o conceito físico e um espectador que é um professor da escola, trajando camisa xadrez.

Predominantemente, o tipo de interatividade atribuída ao experimento Braquistócrona é o *minds-on*. Trata-se de um desafio que é lançado aos alunos antes de se abandonar as esferas. A resposta não é óbvia e quem a vê assim quase sempre é surpreendido. Ao testar o raciocínio lógico e os conceitos físicos, o experimento apresenta uma interatividade que deixa os alunos ansiosos para ver o resultado na prática e curiosos para entender e discutir a explicação do experimento. Alguns espectadores só consideram a menor distância a ser percorrida. Outros só consideram a aceleração adquirida no início da queda sem considerar o percurso. Ao tentar explicar conceitualmente, o mediador do Circo consegue convencer boa parte do público, mesmo assim, alguns não se convencem da explicação. E o mais surpreendente, alguns poucos espectadores, desconfiados, duvidam até mesmo do resultado obtido na prática, mesmo o experimento sendo refeito por repetidas vezes. A demonstração matemática para encontrar a equação cujo trajeto é o de menor tempo entre dois pontos em desnível é sofisticada, porém, pode ser complexa para o nível de maturidade matemática de alunos da Educação Básica. Obter a resposta da equação que descreve uma cicloide para o problema apresentado é convincente

quando aliado ao resultado prático. Experimentos desse tipo, *minds-on*, aguçam a curiosidade e desperta o raciocínio lógico, além de serem lúdicos por apresentarem respostas inesperadas ao senso comum.

No caso do Martelo de Thor, do ponto de vista de complexidade dos conceitos físicos é relativamente simples. A aplicação cotidiana de seu princípio também é bem comum, normalmente presente em portões com trava magnética e eletroímãs de ferros velhos. Mas, mesmo assim, a lenda por trás do experimento e a cenografia envolvida fazem com que esse experimento seja um dos favoritos dos alunos, conforme a fotografia da Figura 4. Isso se deve ao apelo emocional criado em torno do desafio de levantar o martelo. Assim, a interatividade predominante nesse experimento é a do tipo *hearts-on*. Alguns fãs de super-heróis ficam maravilhados com cena criada em torno do personagem Thor.

Figura 4 - Aluna durante uma tentativa de erguer o Martelo de Thor



Fonte: Dados da pesquisa

Na Figura 4, percebemos uma aluna tentando puxar o martelo, mas por estar preso por magnetismo ao núcleo ferroso no interior na bobina, ele não se movimento. Após o mediador revelar como o experimento Martelo de Thor funciona, os estudantes investigam o equipamento. Agacham-se, olham por dentro cavidade a qual o martelo fica encaixado, até perceberem a bobina e compreender o funcionamento.

4.1.2 Observação da atuação dos mediadores

O intuito dessa observação inicial era perceber a atuação dos mediadores junto ao público, crianças em sua maioria. O fato de ser extra-oficial se dava pela estratégia de mínima interferência na prática didática dos mediadores. Para não causar incômodo, ansiedade ou qualquer comportamento atípico, inicialmente não houve nenhum tipo de apresentação formal entre as partes. O mediador, ao perceber que seria observado para fins de pesquisa acadêmica, poderia mudar a naturalidade de seu comportamento, mesmo não tendo ele essa intenção.

Figura 5 - Um mediador do Circo da Física em ação durante o evento “Férias no Museu”, no Museu de Ciências Naturais da PUC Minas



Fonte: Dados da pesquisa

A exposição do Circo da Física no evento contava com a presença de dois estagiários e seis experimentos estavam dispostos ao público. Durante cerca de 30 minutos, um estagiário foi observado em sua ação. Ele realizava o papel de mediador diante de uma rotatividade de espectadores, geralmente familiares juntos. A abordagem e o nível de detalhamento científico eram constantemente adequados à idade das pessoas que assistiam à apresentação sobre um determinado experimento. A didática utilizada obteve o envolvimento dos espectadores. Muitas crianças presentes despertaram sua curiosidade e indagaram o mediador sobre o funcionamento dos experimentos.

4.1.2.1 Análise da observação

Para se adequar tão rapidamente a demanda do público, é necessária ao mediador uma capacidade de reflexão, uma competência para saber adequar seu discurso ao nível de conhecimento e maturidade dos espectadores, além do conhecimento específico da Física. Isso revela que a formação adquirida por um graduando como mediador do Circo desenvolve a competência de um profissional reflexivo, conforme descrito por Schön (2000).

4.2 Pesquisa realizada com os alunos de uma escola

A pesquisa aplicada na escola pública de Betim buscou coletar a opinião dos alunos de 9º ano quanto à relevância das atividades prática nas aulas de Física e dos experimentos expostos pelos mediadores do Circo da Física na quadra da escola. Foram feitas 8 (oito) perguntas fechadas que se encontram disponíveis para consulta no Anexo 2. As perguntas estavam impressas em uma página de papel branco, tamanho A4.

A idade dos alunos que responderam à pesquisa variava entre 13 e 15 anos. Os respondentes eram solicitados a responder as perguntas de forma voluntária após passarem por todos os experimentos expostos pelo Circo da Física. Participaram 51 (cinquenta e um) respondentes, cujas identificações e dados pessoais são sigilosos.

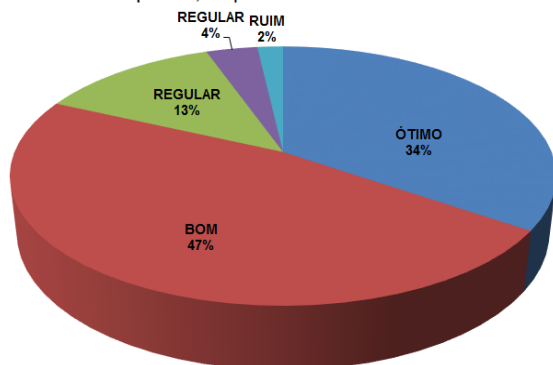
4.2.1 Apresentação e análise dos dados

Após o recolhimento das folhas da pesquisa respondidas, os dados foram tabulados e inseridos numa planilha do *software* Microsoft Excel. Com o auxílio do Excel, efetuaram-se os cálculos dos percentuais das respostas. Gráficos desses percentuais foram produzidos para uma melhor visualização.

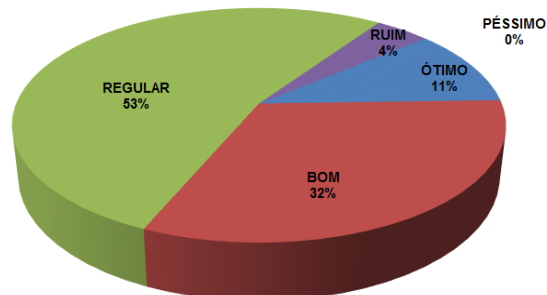
As duas primeiras perguntas visavam sondar as impressões que os alunos tinham, em geral, sobre estudar Física.

Gráfico 1 – Distribuição percentual das respostas para as questões 1 e 2

1 - Em sua opinião, o que você acha de estudar Física?



2 - Qual o seu nível de compreensão sobre os fenômenos estudados pela Física?



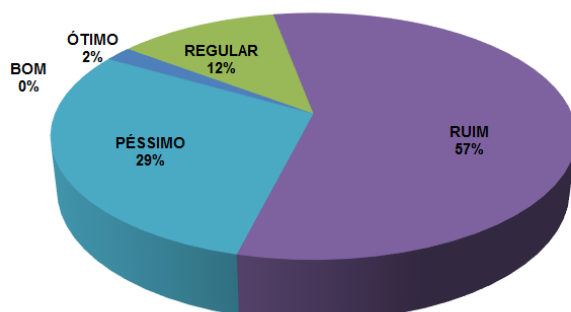
Fonte: Dados da pesquisa

Percebe-se que a maioria dos alunos declara que realizar estudos sobre assuntos da Física é bom (47%) ou ótimo (34%). Isso representa uma boa aceitação, ou seja, denota não haver um preconceito em estudar essa disciplina. Porém, para a pergunta que capta o nível de compreensão dos fenômenos físicos, mais da metade marcaram a opção regular (53%). O percentual para a alternativa ótimo cai drasticamente. Isso significa que os alunos até gostam de Física, mas não compreendem muito bem o que ela explica.

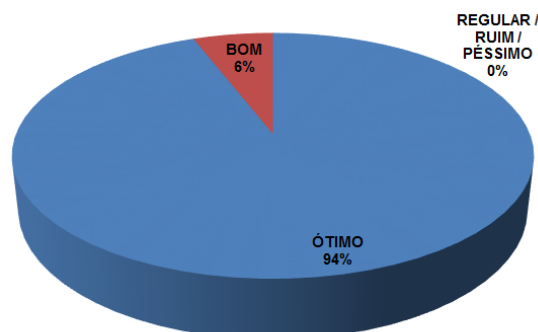
As próximas duas questões estabelecem um antagonismo entre aprender física com ou sem a realização de experimentos.

Gráfico 2 – Distribuição percentual das respostas para as questões 3 e 4

3 - O que você acha de aprender Física **sem** a utilização de experimentos?



4 - O que você acha de aprender Física **com** a utilização de experimentos?



Fonte: Dados da pesquisa

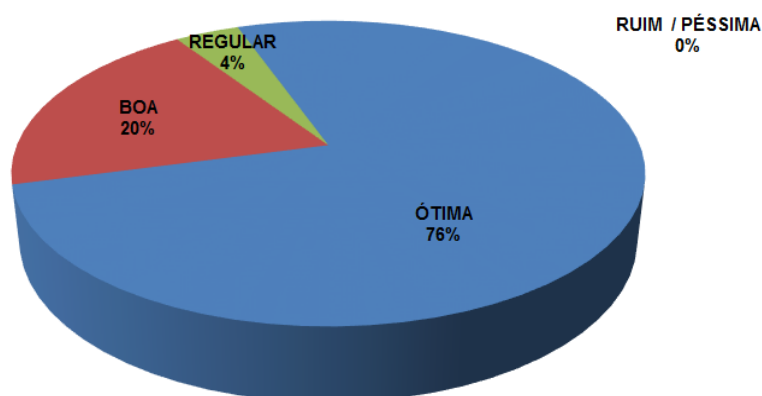
A análise desses índices demonstra claramente que os alunos percebem que a utilização de experimentos torna as aulas de Física mais prazerosas e eficientes. Alguns até consideram

regulares (12%) as aulas sem experimentos, mas a grande maioria reconhece que as aulas de Física com experimentos são ótimas (94%).

A questão 5, utilizada para construir o Gráfico 3, julga o desempenho dos mediadores durante a exposição que os alunos acabaram de usufruir.

Gráfico 3 – Distribuição percentual das respostas para a questão 5

5 - Como você classifica a qualidade das apresentações/explicações sobre os experimentos realizados pelo Circo da Física?



Fonte: Dados da pesquisa

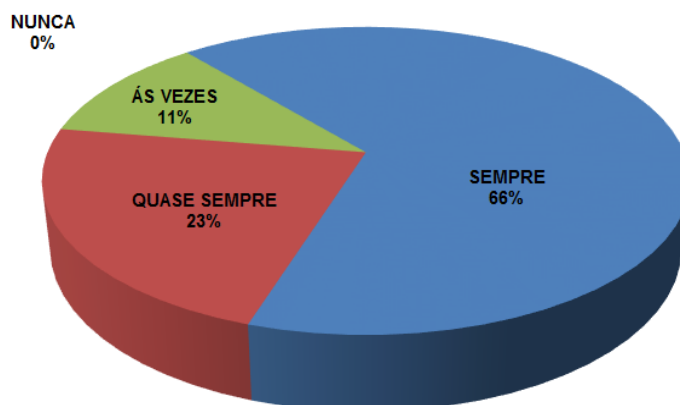
Observa-se uma avaliação muito positiva do trabalho desempenhado pelo projeto, uma vez que as respostas dos alunos consideram um nível de qualidade de ótimo (76%) para as apresentações realizadas pelo Circo da Física. Portanto, o trabalho de mediação foi satisfatório na opinião do público-alvo, com somatória de 96% das respostas concentradas nas opções correspondentes a ótimo ou bom.

A pergunta da questão 6 tem muita relação com que se perguntou na questão 4, pois, se um aluno prefere aulas de Física com experimentos, provavelmente a razão disso seja porque ele considera que aprender os conceitos físicos se torna mais fáceis com o auxílio dos experimentos.

Para a maioria dos respondentes, praticamente dois terços deles, aprender física com a realização de experimentos sempre (66%) fica mais fácil. Apenas 11% dos respondentes acreditam que experimentos facilitam o aprendizado somente às vezes, conforme demonstrado no Gráfico 4.

Gráfico 4 – Distribuição percentual das respostas para a questão 6

6 - De modo geral, você acredita que aprender Física fica mais fácil com a realização de experimentos?

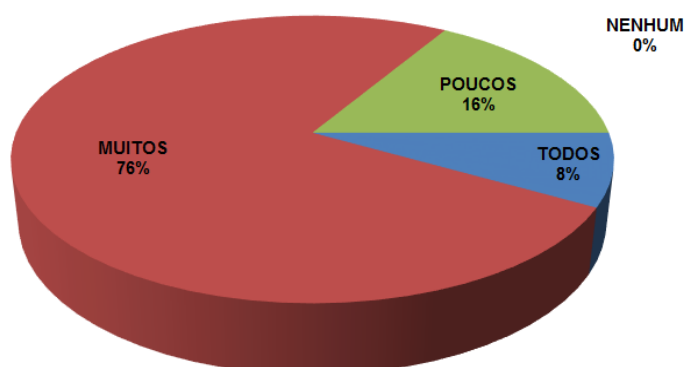


Fonte: Dados da pesquisa

Ao serem questionados se conseguiram relacionar os experimentos do Circo da Física com os conteúdos trabalhados em sala de aula, 76% deles responderam que isso foi possível para a maioria dos experimentos. Esse dado indica que produto educacional desenvolvido nesse trabalho pode contribuir com o trabalho do professor. Ao adotar as estratégias propostas no *Guia*, o professor de Física pode conseguir ainda mais eficácia do ensino realizado em sala de aula, no espaço formal, complementado pela atuação do Circo da Física, em espaço não formal. O gráfico 5 traz os percentuais referentes a essa análise interpretativa.

Gráfico 5 – Distribuição percentual das respostas para a questão 7.1

7.1 - Quantos experimentos realizados pelo Circo você conseguiu relacionar os assuntos de Física que seu professor ensina em sala de aula?



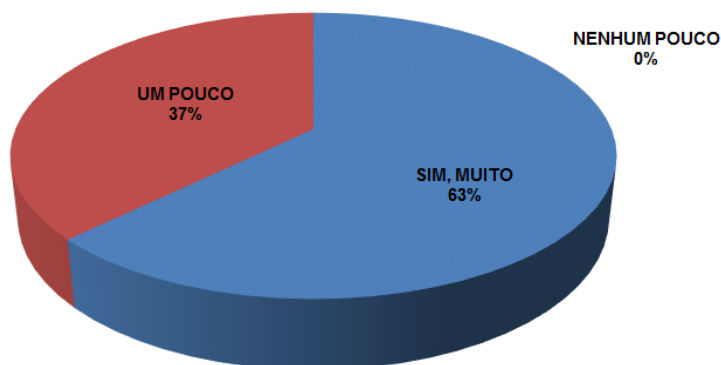
Fonte: Dados da pesquisa

A questão 8.1 indagava o seguinte: assistir à apresentação do Circo ajudou os alunos a compreenderem conteúdos que antes eles tinham dúvidas? As respostas para essa pergunta também oferecem um dado interessante. Para tirar dúvida de um conteúdo anterior através da realização de um experimento, primeiro é necessário reconhecer a qual conteúdo o experimento está relacionado, conforme o Gráfico 5.

Preparar as aulas apresentando os termos e conceitos anteriormente à exposição do Circo, sem comentar sobre experimentos que são realizados com aquele assunto, pode influenciar positivamente no modo como um aluno interpretará tais experimentos. Saber, de antemão, o vocabulário a ser utilizado e as leis e princípios que regem aquela atividade prática podem auxiliar a interação do aluno com o mediador e, conseqüentemente, a forma como ele percebe o fenômeno no experimento. Uma das bases do produto que orienta o trabalho do professor, o *Guia de Experimentos do Circo da Física*, propõe essa abordagem conceitual sobre termos mais importantes e conceitos de um assunto da Física, em aulas anteriores à participação dos alunos numa apresentação do Circo. O intuito dessa proposta visa promover ao aluno uma experiência mais abrangente durante uma exposição do projeto. Assim, o estudante consegue perceber que um ou alguns experimentos estão intimamente ligados ao conteúdo trabalhado em sala de aula. Outro aspecto está relacionado à linguagem empregada, o que impacta na construção do pensamento dos estudantes. Ao se conhecer o vocabulário empregado no conteúdo da Física empregado em um experimento do Circo, evitam-se interpretações errôneas ou ambíguas durante a fala do mediador.

Gráfico 6 – Distribuição percentual das respostas para a questão 8.1

8.1 - Assistir a apresentação do Circo da Física te ajudou a compreender os **conteúdos de Física que **antes** você tinha dúvida?**



Fonte: Dados da pesquisa

Observando o Gráfico 6, nota-se que os respondentes indicaram, em sua maioria, que os experimentos do Circo da Física ajudam consideravelmente (63%) a tirar dúvidas oriundas de aulas teóricas vistas anteriormente. A opção que os experimentos não colaboram nenhum pouco no esclarecimento de dúvidas não assinalado por nenhum dos respondentes. Então, percebe-se que executar experimentos ajuda sanar as dúvidas sobre os conteúdos de Física. Paralelamente a isso, entender, de antemão, o vocabulário e os conceitos empregados em um experimento auxiliam numa percepção mais nítida dos fenômenos físicos que ocorrem durante uma atividade prática. Então, uma complementaridade entre a aula teórica e a atividade prática com mediação é estabelecida.

4.3 Questionário dirigido aos mediadores

Na terceira etapa da pesquisa, realizou-se o levantamento da percepção dos mediadores do projeto. Foi elaborado um questionário dirigido aos mediadores do Circo da Física, cujas perguntas se encontram disponíveis para consulta no Anexo 1. Os dados revelaram como se ocorre o processo ensino-aprendizagem na perspectiva de quem atua diretamente na prática pedagógica do Circo da Física: os mediadores.

Para analisar os dados, foi utilizada uma análise de conteúdo de Bardin (1977), pautada nas entrevistas realizadas com os estagiários do projeto. Baseado no conteúdo, categorias das respostas abertas foram criadas, de acordo com suas semelhanças semânticas e lexicais.

4.3.1 Caracterização da população pesquisada

Os dados obtidos para essa parte da pesquisa são oriundos de um questionário dirigido aos mediadores do Circo da Física. Esse questionário foi respondido por 7 (sete) indivíduos integrantes do Circo da Física. Eles são estagiários, sendo que cinco deles são bolsistas e dois são voluntários. A faixa etária do grupo de respondentes teve a seguinte distribuição: 22 anos de idade (2 pessoas), 23 anos (2 pessoas), 25 anos (1 pessoa), 26 anos (1 pessoa) e 68 anos (1 pessoa). Para manter em sigilo as identidades e os dados pessoais dos respondentes, eles foram codificados como mediadores M1, M2, M3, M4, M5, M6 e M7. Os anos de entrada desses respondentes na graduação têm a seguinte frequência: 2014 (2 pessoas), 2015 (2 pessoas), 2016 (2 pessoas) e 2017 (1 pessoa). Todos os respondentes estavam vinculados ao projeto na ocasião em que responderam o questionário e apenas um dos respondentes tinha experiência como

docente, por lecionar Física para turmas de Ensino Médio numa escola pública de Santa Luzia-MG.

4.3.2 Caracterização do questionário

As entrevistas coletas por escrito foram realizadas por meio de seis perguntas em um questionário dirigido aos mediadores do Circo da Física. O questionário era de caráter investigativo e aberto. Para envio das perguntas aos mediadores e recebimento de suas respostas, foi utilizada a plataforma Google Formulários¹¹, ferramenta de gerenciamento de questionários disponível gratuitamente na internet. Para facilitar o acesso dos respondentes, o questionário esteve disponível para ser respondido *online*, ou seja, poderia ser respondido a qualquer momento, de qualquer localidade, a partir de qualquer equipamento com acesso à internet.

Para analisar o conteúdo das respostas dos questionários, de forma coerente, foi seguida a forma de análise de conteúdo sugerida por Bardin (1977). As respostas foram categorizadas conforme os critérios definidos *a posteriori*. Algumas respostas foram destacadas para enfatizar uma análise de conteúdo.

4.3.3 Análise de dados

Para análise de conteúdo de cada resposta, uma categorização das respostas foi criada para cada questão. Assim, podem-se associar numa categoria trechos de respostas de mediadores distintos com uma natureza de resposta semelhante. As categorias serão dispostas em ordem da quantidade de ocorrências que uma resposta foi classificada em determinada categoria. As respostas de alguns dos entrevistados foram bem descritivas e detalhadas, mas na maioria dos casos, as respostas foram sucintas, em média realizadas em 2 ou 3 linhas. Algumas respostas possuem trechos que se referem a uma categoria e outros trechos passíveis de serem categorizados de forma distinta. Assim, cada trecho está adaptado e demonstrado como natureza da resposta. Desta forma, o número entre parênteses indica a quantidade de ocorrências das respostas em determinada categoria.

¹¹Ferramenta para criação de testes, questionários e pesquisas *online* para coleta de dados, disponível gratuitamente em: <https://www.google.com/forms/>.

A primeira questão do questionário dirigido aos mediadores se refere ao que eles pensam sobre a importância dos experimentos para o Ensino de Física. As seguintes categorias de respostas emergiram da própria análise: complementar ao ensino teórico, conexão dos experimentos com aplicações cotidianas, motivacional para os alunos e forma de ensino não tradicional. A seguir está o Quadro 3 que mostra a distribuição das frequências de cada categoria e a natureza da resposta que definiu tal categorização.

Quadro 3 - Natureza de respostas dos entrevistados para a importância do uso de experimentos no ensino de Física

Categorias	Natureza das respostas dadas pelos entrevistados
<u>Complementar ao ensino teórico</u> (5 mediadores)	- Aliado do aluno na hora de entender melhor o conteúdo ministrado de modo teórico. - Proporciona a visualização do conceito físico facilitando a abstração. - Possibilita aos alunos visualizarem os fenômenos que são estudados em sala. - Facilita o aprendizado. - Auxilia na explicação de dada matéria.
<u>Conexão dos experimentos com aplicações cotidianas</u> (2 mediadores)	- Aproxima o conteúdo da realidade mostrando aplicações práticas. - O aluno sai do mundo do quadro e começa a viver as aplicações no seu dia-a-dia.
<u>Motivacional para os alunos</u> (2 mediadores)	- A empolgação por parte dos alunos quando se utiliza os experimentos. - Traz o aluno para a física.
<u>Forma de ensino não tradicional</u> (2 mediadores)	-Possibilita a aprendizagem por meio de outros métodos, nova possibilidade de aprendizado. - Coloca a observação do aluno como maior importância no entendimento do fenômeno que está ocorrendo.

Fonte: Elaborado pelo autor

Os mediadores demonstram que a maior parcela de importância dos experimentos dedicados ao ensino de Física é oferecer uma visualização do fenômeno que tratado somente em aulas expositivas pode se configurar como abstrato. A forma como os alunos reconhecem o mundo e entendem conceitos científicos é diferente, pois cada indivíduo apresenta características específicas em virtude da sua construção histórica. Permitir abordagens múltiplas para um mesmo conceito favorece a aprendizagem para alunos que aprendem melhor

a partir de leitura, escuta e escrita, mas também para alunos que apresentam melhores resultados quando manuseiam ou visualizam a ação através de experimentos sobre o conceito estudado.

Além disso, os experimentos utilizados de forma didática permitem que os alunos possam relacioná-los com aplicações práticas, com máquinas que são utilizadas no cotidiano e não paramos para pensar sobre o seu funcionamento. Essa importância dos experimentos também constitui a perspectiva de dois mediadores.

Além disso, a motivação que aguça a curiosidade dos alunos é colocada nas respostas de dois mediadores. O mediador M5 escreve o seguinte:

“Baseada nas experiências que tive em sala de aula como aluna, sempre me interessava mais no conteúdo quando o mesmo era apresentado com a utilização de experimentos, me causava uma certa empolgação e ansiedade para querer conhecer. Durante os estágios, pude perceber essa mesma empolgação por parte dos alunos quando se utilizava os experimentos.”(M5)

Interessante como M5 expõe o que vivenciou. A empolgação e ansiedade descritas ocorrem também em alunos nos contextos atuais ao realizar um experimento.

A didática utilizada em uma aula prática é diferente, alternativa se comparada à didática tradicional, com as aulas exclusivamente expositivas dentro dos espaços formais.

Como a dinâmica de trabalho muda quando se utiliza experimentos, devido à interatividade e à visualização da ação, dois trechos das respostas dos mediadores remetiam a ideia que a importância dos experimentos para o ensino de Física é que se cria uma forma de se ensinar diferente do método tradicional.

A segunda pergunta do questionário se refere à contribuição dos experimentos do Circo para a aprendizagem dos alunos ao assistirem a uma apresentação do Circo da Física. As respostas foram semelhantes às respostas da primeira pergunta, pois elas têm o mesmo teor, só que uma é mais geral e a outra é específica à atuação do Circo da Física. Por isso, as categorias das respostas são as mesmas: complementar ao ensino teórico, conexão dos experimentos com aplicações cotidianas, motivacional para os alunos e forma de ensino não tradicional. Altera-se, somente, a frequência de respondentes em cada categoria, de acordo com a natureza das respostas dada pelos mediadores. O Quadro 4 mostra os dados analisados e categorizados para a segunda pergunta:

Quadro 4 - Natureza de respostas dos entrevistados sobre a contribuição dos experimentos do Circo da Física para a aprendizagem dos alunos de Ensino Médio

Categorias	Natureza das respostas dadas pelos entrevistados
<u>Conexão dos experimentos com aplicações cotidianas</u> (4 mediadores)	- Relação mais próxima de aprendizagem e aplicação para a vida dos alunos. - Oportunidade de relacionar a teoria com o cotidiano. - Os alunos conseguem relacionar uma matéria com uma experiência vivida. - Aproximação da física que se ensina no Ensino Médio com a realidade.
<u>Motivacional para os alunos</u> (3 mediadores)	- O interesse dos alunos é grande. - Os experimentos contribuem para que o aluno tenha mais interesse. - Os experimentos contribuem não só para o aprendizado, mas no despertar para as ciências.
<u>Complementar ao ensino teórico</u> (2 mediadores)	- Os alunos podem observar vários conceitos estudados na física em que eles não conseguem abstrair. - O projeto Circo da Física torna visível os conceitos abstratos estudado em sala de aula de forma interativa possibilitando ao educando uma visão clara do conceito físico.
<u>Forma de ensino não tradicional</u> (2 mediadores)	- Os alunos interagem com os experimentos e entendem a sua funcionalidade e a forma com que a Física está envolvida. - Num experimento o aluno terá interação com o mesmo, e, em seu manuseio, ele consegue sentir e perceber os fenômenos envolvidos.

Fonte: Elaborado pelo autor

No caso da influência dos experimentos do Circo na aprendizagem dos alunos, a categoria de respostas preponderante é a da conexão dos experimentos com as aplicações cotidianas. Os experimentos do Circo não são vinculados diretamente a uma sequência de conteúdos de aulas regulares. Talvez, por isso, a mediação não estabeleça uma relação tão estrita com o formalismo das leis e nomenclaturas próprias dos conteúdos da Física. Para aproximar do público, os mediadores preferem ter como referência os exemplos do cotidiano, para que o espectador consiga fazer uma recontextualização do que se aprende no experimento para algo do dia-a-dia prático. Essa abordagem do mediador muda quando ele percebe um público com certo domínio de conceitos e vocabulário científico, pois, com a reflexão na ação, ele subentende que aqueles alunos estudaram tópicos da Física pertinentes ao experimento e, portanto, ele pode explorar a complexidade do experimento. Diante desse fato, o produto

educacional proposto nesse trabalho vai trazer ao professor uma orientação para atuar durante a exposição do Circo da Física: estar perto dos experimentos elencados como pertinentes aos conteúdos trabalhados em sala de aula e, estabelecer com o estagiário do Circo da Física uma estratégia de mediação conjunta, com intervenções pontuais ao que se pretende demonstrar aos seus alunos.

Destaca-se um trecho da resposta do M4, ao demonstrar como os experimentos do Circo contribuem para a aprendizagem dos alunos. O mediador M4 faz uma crítica às aulas tradicionalmente expositivas e defende que somente aulas de Física, de alguma maneira, devem contemplar teoria e prática para serem plenas, e não somente utilizar a matematização de suas leis.

“Uma coisa é o professor falar sobre a conservação do momento linear e apresentar as equações, outra coisa totalmente diferente é proporcionar a esse aluno que sinta, através de um experimento a conservação do momento. Apenas quantificar os conceitos em fórmulas, ensinar como usar a equação não é suficiente para proporcionar um ensino plena.” (M4)

Os eventos itinerantes do Circo da Física promovem dias atípicos nas escolas. A quadra, espaço de esporte e lazer, transforma-se em espaço não formal de ensino. Os alunos se espalham pelos estandes de experimentos guiados por mediadores. Existe sempre uma interatividade dos experimentos para que os alunos manipulem, pensem em soluções e se empolguem com a Física apresentada. A terceira pergunta do questionário busca um levantamento de quais experimentos tem um apelo maior, na percepção dos mediadores do Circo. As respostas revelaram que os experimentos de maior sucesso com os alunos são: Gerador de Van der Graaff (6), Martelo de Thor (4), Hover craft (4), Cochichódromo (2), Banco que gira (2), Foguetinho de garrafa PET (2). A Figura 6 mostra uma colagem das fotografias desses quatro experimentos preferidos pelos alunos, segundo os respondentes.

Figura 6 - Experimentos do Circo da Física manipulados por alunos



Fonte: Dados da pesquisa

Foi perguntado ao mediador se ele percebe, durante uma exposição do Circo, os alunos conseguindo relacionar os experimentos com os assuntos estudados em sala de aula. A resposta foi sim para 100% dos respondentes. Foi solicitado aos mediadores o relato de algum episódio possível de perceber os alunos relacionando o conteúdo com os experimentos. Alguns trechos relatados pelos mediadores estão expostos a seguir:

“Houve alunos que faziam perguntas baseadas em exemplos que o professor deu em sala.” (M1)

“[...] todas as vezes que eu pergunto como ele (Hover craft) funciona e porque, eles trazem os conceitos vistos em algum momento na vida.” (M2)

“Por vezes os alunos comentam algo que o professor passou em sala, algo que o professor explicou e clareou na mente deles após verem os experimentos, e/ou até mesmo experiências em casa ou na rua.” (M6)

O mediador M4 expôs uma insatisfação com o sistema de ensino no Brasil nesse espectro das respostas. Sua crítica se dá por perceber que os experimentos para o ensino são relegados a um segundo plano no atual cenário educacional brasileiro.

“[...] é possível observar que os alunos têm muito interesse em saber como funcionam as coisas e em atividades experimentais. Entretanto, esse lado do ensino, no Brasil, é falho por inúmeros fatores estruturais e políticos, que criam barreiras para o professor preparar aulas diferentes e com materiais diferentes para o ensino.” (M4)

A quinta pergunta do questionário investiga as percepções dos mediadores sobre a motivação/expectativa dos alunos em estudar assuntos da Física abordados nos experimentos do Circo da Física. Das descrições sobre as percepções dos alunos foram criadas as seguintes categorias: estímulo aos estudos, superação da aversão, entusiasmo em manipular equipamentos, intenção de replicar do experimento, interesse pela parte lúdica. O Quadro 5 mostra as categorias com as respectivas frequências e as naturezas das respostas dadas pelos mediadores do Circo.

Quadro 5 - Natureza de respostas dos entrevistados sobre as percepções da motivação/expectativa dos alunos em estudar a Física abordada nos experimentos

Categorias	Natureza das respostas dadas pelos entrevistados
<u>Estímulo aos estudos</u> (4 mediadores)	- O aluno que gosta de Física tem a expectativa de conhecer a física de forma mais aprofundada. - Os alunos ficam ansiosos para estudar o conteúdo relacionado ao equipamento. - Muitos ficam empolgados e buscam conhecer um pouco mais sobre aquele assunto através do experimento. - Os alunos saem dizendo que irão pesquisar mais sobre o experimento e, por vezes até indico um ou outro assunto específico.
<u>Superação da aversão</u> (2 mediadores)	- Muitos alunos têm preconceito a Física e após conhecerem os experimentos despertam interesse para coisas práticas. - Existem alunos que nem gostam tanto de Física, mas acabam debatendo assuntos relacionados a algum experimento depois de ver.
<u>Entusiasmo em manipular equipamentos</u> (2 mediadores)	- A motivação do aluno é curiosidade em relação ao experimento em si, não exatamente pela Física. - Os alunos ficam entusiasmados em estudar através do equipamento, eles vivenciam a prática e interação com o equipamento.
<u>Intenção de replicar a prática</u> (1 mediador)	- Alguns alunos têm o interesse repetir o experimento em casa.
<u>Interesse pela parte lúdica</u> (1 mediador)	- A maior quantidade de manifestações dos alunos sobre os experimentos é o quanto eles são engraçados.

Fonte: Elaborado pelo autor

A interpretação da natureza das respostas dadas e a respectiva frequência da categoria estímulo aos estudos (4) revela que os experimentos aguçam a curiosidade dos alunos. A categoria superação da aversão (2) revela que com os experimentos do Circo, alunos que antes

não se interessavam muito pela Física são conquistados e podem reverter esse quadro de repulsa. Desta forma, com os experimentos do Circo eles vivenciam outra maneira de estudar os conteúdos e percebem a Física com uma ciência interessante e cheia de possibilidades. O interesse que é aguçado ou criado se deve à curiosidade de se resolver desafios lógicos, propostos em alguns experimentos do Circo. Ele também se deve à satisfação de compreender um fenômeno ou o funcionamento de um equipamento.

A sexta e última pergunta do questionário é dividida em duas partes, direcionadas conforme a resposta da primeira parte que é objetiva, com resposta do tipo sim ou não. Primeiro, ela pergunta quem teve ou está tendo alguma experiência em lecionar para turmas do Ensino Médio. Apenas um respondente, o mediador M3, assinalou a opção sim e os outros seis respondentes assinalaram a opção não.

Para o respondente que declarou ter experiência foi solicitado que descrevesse como a vivência no Circo da Física influenciou na sua prática docente. Destaque para o seguinte trecho da resposta:

“(...) a escola não possui laboratório e verba para comprar equipamentos. Uma das propostas do projeto circo da física é que o estagiário desenvolva equipamentos durante o período que esteja no laboratório, usando essa experiência e diante da dificuldade da escola, desenvolvi com os alunos o que chamei de TEI (trabalho escolar integrado) onde a proposta é que cada grupo desenvolvesse um experimento de física relacionado ao conteúdo do ano escolar e apresentassem para a sala e na feira de ciências da escola.” (M3)

Esse relato destaca que, enquanto professor de uma escola, o mediador se preocupou com a falta de estrutura da escola e, para resolver o problema, teve que realizar reflexões sobre a sua ação. Assim, foi criativo e utilizou uma estratégia inovadora para aquela realidade.

Aos respondentes que assinalaram a opção não na pergunta 6, foi solicitado expor as ideias de como a vivência no projeto poderá influenciar a sua prática docente em suas futuras carreiras docentes. Destacam-se as seguintes respostas:

“Associar teoria, prática com a contextualização dos problemas reais. Uma metodologia que se pautar na contextualização e que os alunos consigam fazer pesquisas, tirar conclusões, interpretar seria o ideal no ensino. [...] Se as aulas forem voltadas simplesmente para apresentar fórmulas e explicar os conceitos, sem que os alunos peguem a mão na massa, estaremos reduzindo o ensino meramente a memorização. O processo que pressupõe e resulta em compreensão, está ligado a fatores que vão além da memorização de conteúdos.

Compreender e entender pressupõe algo a mais, algo diferente, algo que o ensino expositivo não é capaz de abarcar.” (M4)

“Pelo que pude vivenciar e observar com as experiências no Circo da Física e em salas de aula, quando um assunto ou conteúdo é passado aos alunos de maneira experimental, tem-se um interesse muito maior da turma pelo mesmo. Em aulas tradicionais, onde o professor somente passa a matéria no quadro e a explica, a aula se torna monótona, entediante e “sem graça”, o que causa certo desinteresse por parte do aluno. Porém, quando há a utilização de experimentos, o aluno pode se envolver e interagir mais, fazendo com que seu aprendizado seja eficaz, pois o conteúdo é fixado de uma maneira simples.” (M5)

“[...] percebi como faz diferença a visualização de um experimento e como cativa os meninos, eles se interessam e passam a prestar mais atenção, além de ter uma interação muito mais humana com os alunos, afinal, estou me preparando para dar aula para seres humanos.” (M6)

Interpretando as respostas, percebe-se uma ideia comum de se usar metodologias de ensino de Física que privilegie atividades experimentais ao invés de somente aulas expositivas. Os respondentes destacam que os experimentos facilitam a compreensão dos conteúdos e despertam interesse e participação dos alunos, essencial para que processo ensino-aprendizagem funcione.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na introdução desse trabalho ressaltamos a importância de ensinar Física em conexão com atividades experimentais. Criticamos o ensino realizado com base em repetição e memorização, de forma metódica e maçante, utilizando a resolução de listas de exercícios como a principal atividade pedagógica. O ensino de Física deve adotar estratégias que favoreçam o desenvolvimento da capacidade de raciocínio e compreensão dos fenômenos. Para isso, é essencial que os alunos tenham acesso a experimentos que possam ser utilizados como instrumento de promoção da aprendizagem. Os mediadores do Projeto Circo da Física, da PUC Minas, expuseram suas percepções que corroboram com essa ideia de que os experimentos são peças fundamentais na aprendizagem de estudantes do Ensino Médio, pois, segundo eles, atividades práticas, como aquelas realizadas pelo Circo da Física, possibilitam uma melhor associação dos fenômenos físicos com a realidade cotidiana e aproximam os conteúdos estudados nas aulas teóricas através da visualização e interação com o objeto de estudo. Portanto, reforçamos a hipótese de que promover uma aprendizagem desconectada da atividade prática constitui um dos fatores prejudiciais à qualidade de ensino e resultam numa formação de estudantes desprovidos de senso crítico.

Sabe-se que as escolas brasileiras, de modo geral, se encontram diante de dificuldades estruturais, não possuem laboratórios e nem recursos financeiros para realizar, regularmente, experimentos nas aulas de Física. Em face desse cenário, propomos uma alternativa: a utilização dos experimentos das apresentações realizadas pelo Circo da Física. A qualidade, a simplicidade e o aspecto lúdico dos experimentos do projeto conquistam o interesse e a atenção da maioria dos estudantes da Educação Básica, segundo os dados da pesquisa. Esses alunos são carentes de estratégias de ensino inovadoras, que os incentive a estudar de forma alternativa, longe da tradicional sala de aula, quadro e giz. O trabalho desenvolvido pelo Circo da Física representa uma excelente oportunidade de associar conteúdo científico com interatividade e diversão.

Destacamos também a atuação dos estagiários do projeto, alunos da licenciatura em Física, que atuam como mediadores nas exposições itinerantes dos experimentos, em espaços não formais. Eles atuam com um público diverso, realizando atividades práticas interativas e lúdicas. Os mediadores devem ter a capacidade de agir, mediante situações e demandas inesperadas de forma satisfatória, realizando a reflexão na ação. Percebemos, então, como os eventos do Circo da Física representam oportunidades de experimentar a prática docente

pautada em habilidades pertinentes ao profissional reflexivo (SCHÖN, 2000), muito interessante à formação desses graduandos.

As recentes pesquisas sobre o novo papel educativo de museus e dos espaços não formais, em geral, mostram como a preocupação e a dedicação ao ensino tomou o foco das funções dessas instituições. Não se trata mais de locais para coletânea de materiais de importância histórica ou apenas de conteúdo informativo. Nessa evolução, a instituição museu deixa de ser apenas vitrine e se torna “museu discurso” (NASCIMENTO, 2010). Nessa perspectiva, a mediação e a interação com o público são ferramentas da nova didática museal. A mediação em museus ou exposições e o tipo de interatividade de exposições são definidos, por Wagensberg (1998), em três classes: *hands-on*, *minds-on* e *hearts-on*. É preciso considerar as possibilidades de ensino e de aprendizagem de conteúdos escolares fora do ambiente escolar. Nossa sociedade está inserida numa revolução causada pela facilidade de acesso às informações e redes sociais. Uma vantagem do espaço escolar frente à facilidade de acesso às informações é a interação entre as pessoas, o ambiente e o contexto histórico fomentam a aprendizagem. Mas, a atratividade da escola tradicional se mostra problemática e, portanto, os ambientes nos moldados como “museu discurso” funcionam como uma alternativa para a escola envolver seu corpo discente.

A atuação do Circo da Física se baseia em interatividade e mediação, conforme um espaço não formal no estilo “museu discurso”. De acordo com o referencial teórico adotado, para que a interação entre o estudante e o experimento ocorra de forma satisfatória, é importante que exista uma mediação entre eles. Na condução de um experimento de Física, o mediador deve ser capaz de propor desafios, instigar a curiosidade, ajudar na construção do conhecimento concebida na interação social do indivíduo com o meio, mediante sua própria construção histórica (VYGOTSKI, 1991).

Elaboramos um produto educacional dedicado aos professores de Física do Ensino Médio, um *Guia de Experimentos do Circo da Física*. Esse produto educacional contém estratégias didáticas para auxiliar o professor no planejamento de aulas e desenvolvimento de atividades relacionadas a experimentos realizados pelo Circo da Física. São orientações do que fazer e como abordar os conteúdos dos experimentos. Propostas que devem ser utilizadas antes, durante e depois dos alunos participarem de uma exposição do Circo da Física. O intuito é explorar as possibilidades que o acervo de experimentos do Circo oferece e promover uma aprendizagem a partir de interação com os experimentos e mediadores, construção de conceitos e compreensão dos fenômenos. Para exemplificar a metodologia de uso contida no *Guia*, selecionamos três experimentos do Circo da Física e sobre eles explicitamos, detalhadamente,

as etapas a serem seguidas baseadas nessa proposta. Certamente, o professor que utilizar o *Guia* conseguirá obter um aproveitamento melhor da capacidade de aprendizagem de seus alunos, com uma metodologia pensada para esse contexto de um aluno com pouco acesso a experimentos de Física. Contamos com essa parceria como forma solucionar, em conjunto, um problema estrutural do ensino de Física, além de divulgar o belo trabalho realizado pelo projeto da PUC Minas.

Nossa pesquisa foi realizada junto ao projeto Circo da Física, em três etapas: observação dos experimentos, pesquisa de campo com alunos de uma escola pública logo após uma exposição do Circo e questionário dirigido aos mediadores do projeto. Com os dados coletados e sua respectiva análise, comprovamos a aplicabilidade do produto educacional proposto.

Como resultado da pesquisa, destacamos a importância dos experimentos que o aluno consiga aprender por meio de interação entre ele, o mediador e o experimento. Mostramos, através da pesquisa aplicada em alunos e pelo questionário dirigido aos mediadores do Circo da Física, que as atividades experimentais complementam as aulas teóricas e entende-se que um diálogo entre a teoria e prática favorece um ensino de qualidade. Ter acesso as apresentações do Circo contribuem para minorar os problemas estruturas das escolas. Isso demonstra que levar os alunos a participar de uma exposição do Circo pode representar um estímulo essencial aos seus estudos. Até os alunos que não se interessam por Física podem reverter essa visão quando a prática docente é associada a iniciativas de educação não formal.

Acreditamos que encontrar alternativas para aumentar o acesso dos alunos a experimentos de Física, tais como a alternativa sugerida nesse trabalho, de utilizar o Circo da Física, conforme estratégias propostas no produto educacional que foi desenvolvido, o *Guia de Experimentos do Circo da Física*, resultam em melhoria considerável da aprendizagem e do ensino de Física ofertado nas escolas, principalmente naquelas da região metropolitana de Belo Horizonte por se localizarem próximas a PUC Minas.

REFERÊNCIAS

- ALVES, H.F. **Investigando as percepções do mediador do circo da física durante as exposições**. Relatório final (Projeto PROBIC-FAPEMIG) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.
- AROCA, S.C. **Ensino de física solar num espaço não formal de educação**. 2008. 173f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação do Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.
- BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**, Lei no 9.394, de 20 de dezembro de 1996.
- BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC/Semtec, 1999.
- BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **PCN + Ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/Semtec, 2002.
- BONADIMANN, H.; NONENMACHER, S.E.B. O gostar e o aprender no ensino de Física: uma proposta metodológica. **Caderno Brasileiro de Ensino Física**, Florianópolis, v.24, n.2, p.194-223, ago. 2007.
- DICKMAN, A. G.; HOSOUME, Y.; VERTCHENKO, L.; ALVES, H.F.; ROCHA, E.M.E.; FERREIRA, J.R.F. **O Circo da Física: um espaço para formação inicial do professor**. Submetido ao VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Campinas, 2011.
- FEYNMAN, R.P. **Lições de Física de Feynman**. v. 2. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- FOSSILE, D.K. Construtivismo versus sociointeracionismo: uma introdução às teorias cognitivas. **Revista ALPHA**. Patos de Minas, n. 11, p. 105-117, ago, 2010. Disponível em: <https://revistas.unipam.edu.br/index.php/revistaalpha/issue/view/122>. Acesso em: 16 abr 2019.
- GIOPPO, C.; SCHEFFER, E.W.O.; NEVES, M. C. D. O ensino experimental na escola fundamental: uma reflexão de caso no Paraná. **Revista Educar**, Curitiba, n.14, p.39-57, 1998.
- HEWITT, P.G. **Física Conceitual**. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- IVIC, I. **Lev Semionovich Vygotsky**. Tradução de José Eustáquio Romão. Recife: Editora Massangana, 2010. (Coleção MEC Educadores).

JACOBUCCI, D.F.C. **Professores em espaços não formais de educação**: acesso ao conhecimento científico e formação continuada. In: NASCIMENTO, S.S (org.) Educação em Espaços não-escolares: convergências e tensões no campo da formação e do trabalho docente (textos selec. do XV ENDIPE realizado na UFMG, abr 2010), cap.5, p.426-446. Belo Horizonte: Autêntica, 2010.

JARDIM, W.S. **Museus de Ciências**: uma proposta de ensino para espaços não formais. 2013. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

MARANDINO, M. Análise sociológica da didática museal: os sujeitos pedagógicos e a dinâmica de constituição do discurso expositivo. **Educ. Pesqui.**, São Paulo, v.41, n.3, p.695-712, set. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ep/v41n3/1517-9702-ep-41-3-0695>. Acesso em: 03 jun 2019.

MARANDINO, M. *et al.* **Educação em museus**: a mediação em foco. São Paulo: FEUSP, 2008.

MARANDINO, M. **Museus de Ciências como espaços de educação**. In: FIGUEIREDO, B.G.; VIDAL, D.G. (org.) *Museus: do gabinete de curiosidades à museologia moderna*. Cap.6, p.165-176. Belo Horizonte: Argvmentvm, 2005.

MARANDINO, M. Prática de ensino nas licenciaturas e a pesquisa em Ensino de Ciências: questões atuais. **Caderno Brasileiro de Ensino Física**, Florianópolis, v.20, n.2, p.168-193, ago, 2003.

MARANDINO, M. Transposição ou recontextualização? Sobre a produção de saberes na educação em museus de ciências. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, n. 26 maio-ago, 2004. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=27502608>. Acesso em: 26 jan 2019.

MEDINA, M.; BRAGA, M. O teatro como ferramenta de aprendizagem da física e de problematização da natureza da ciência. **Caderno Brasileiro de Ensino Física**, Florianópolis, v. 27, n. 2, p. 313-333, ago, 2010.

MIZUKAMI, M. D. G. N. **Ensino: As Abordagens do Processo**. São Paulo: EPU, 1986.

MOREIRA, M.A. **Grandes desafios para o ensino da Física na educação contemporânea**. 2013. Conferência proferida na XI Conferência Interamericana sobre Enseñanza de la Física, Guayaquil, Equador, 2013.

NASCIMENTO, S.S. **O desafio de construção de uma nova prática educativa para os museus**. In: FIGUEIREDO, B.G.; VIDAL, D.G. (org.) *Museus: do gabinete de curiosidades à museologia moderna*. Cap.9, p.221-239. Belo Horizonte: Argvmentvm, 2005.

NASCIMENTO, S.S.; VENTURA, P.C.S. Mutações na construção dos museus de Ciências. **Pro-Posições**, Campinas, v. 12, n. 1 (34), p. 126-138, mar, 2001.

PEREIRA, G.R.; CHINELLI, M.R.; SILVA, R.C. Inserção dos centros e museus de ciências na educação: estudo de caso do impacto de uma atividade museal itinerante. **Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 3, p. 100-119, dez. 2008.

RABELLO, E.T.; PASSOS, J. S. **Vygotsky e o desenvolvimento humano**. [S l.]. Disponível em: <https://josesilveira.com/wp-content/uploads/2018/07/Artigo-Vygotsky-e-o-desenvolvimento-humano.pdf> . Acesso em: 12 set 2016.

REALE, G. **A revolução científica: Galileu Galilei**. In: REALE, G. História da filosofia: Do humanismo a Kant. 6. ed. v. 2, cap. 7, p. 274-290, São Paulo: Paulus, 2003.

REZENDE, F.; OSTERMANN, F. A prática do professor e a pesquisa em ensino de física: novos elementos para repensar essa relação. **Caderno Brasileiro de Ensino Física**, Florianópolis, v. 22, n. 3, p. 316-337, dez. 2005.

SANTOS, T.J. *et al.* **Os experimentos da física no Caminhão com Ciência**: descrição e perspectivas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA (SNEF), 18., 2009, Vitória. **Anais[...]**. Vitória, 2009.

SHIGUNOV NETO, A.; FORTUNATO, I. (org.) **20 anos sem Donald Schön**: o que aconteceu com o professor reflexivo?. São Paulo: Editora Hipóteses, 2017.

SCHÖN, D.A. **Educando o Profissional Reflexivo**: um novo design para o ensino e a aprendizagem. Tradução de Roberto C. Costa. Porto Alegre: Artmed, 2000.

TEIXEIRA, A. Mestres de amanhã. **Revista Bras. Estudos Pedagógicos**, v. 85, n. 209-10-11. p. 143-148. Brasília: INEP, 2004. Disponível em: <http://rbep.inep.gov.br/index.php/rbep/article/viewFile/883/858> . Acesso em: 25 abr 2019.

TEIXEIRA, J.N.; MURAMATSU, M.; ALVES, L.A. Comunicações: Projeto Arte e Ciência no Parque – uma abordagem de divulgação científica interativa em espaços abertos. **Caderno Brasileiro de Ensino Física**, Florianópolis, v. 27, n. 1, p. 171-187, abr, 2010.

VALENTE, M. E.; CAZELLI, S.; ALVES, F. Museus, ciência e educação: novos desafios. **História, Ciências e Saúde**, Manginhos/RJ, v.12 (supl.), p.183-203, 2005.

VYGOTSKI, L.S. **A formação social da mente**. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

VYGOTSKI, L.S. **Construção do Pensamento e da Linguagem** (obra completa). São Paulo: Martins Fontes, 2001.

VYGOTSKI, L.S. **Pensamento e linguagem**. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

WAGENSBERG, J. L. A favor del conocimiento científico (Los nuevos museos). **Revista Valenciana d'Estudis Autonòmics**, n. 23, segundo trimestre, p. 295-309, 1998.

APÊNDICE 1: QUESTIONÁRIO DIRIGIDO AOS MEDIADORES DO CIRCO DA FÍSICA

Prezado(a) respondente, o questionário que se segue é um instrumento de pesquisa com a finalidade exclusivamente acadêmica para o Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática. O objetivo da pesquisa é verificar como os experimentos do Circo da Física contribuem para a aprendizagem de alunos da Educação Básica, na perspectiva dos mediadores do projeto (monitores, estagiários bolsistas e estagiários voluntários).

Solicitamos sua colaboração respondendo as questões abaixo e informamos que seus detalhamentos ou suas justificativas são fundamentais para a pesquisa.

Agradecemos, antecipada e imensamente, a sua participação.

IDENTIFICAÇÃO

Nome: _____ Idade: _____ anos

Ano de entrada na Licenciatura em Física: _____

Data de início como monitor/estagiário no Circo da Física: Mês _____ Ano _____

Ainda trabalha no projeto? () Sim () Não

Caso a resposta anterior seja **não**, qual foi a data da saída? Mês _____ Ano _____

QUESTÕES

1 - Como você julga a importância da utilização de experimentos para o Ensino de Física? Explique sua opinião e descreva suas vivências sobre esse assunto, sejam como aluno ou professor.

2 - Em sua opinião, como os experimentos do Circo da Física contribuem para a aprendizagem dos alunos de Ensino Médio das escolas as quais o projeto já atuou?

3 - Qual(is) o(s) experimento(s) do Circo da Física fazem mais sucesso com os alunos das escolas? A qual(is) fator(es) você atribui essa preferência?

4 - Durante as exposições do Circo, você consegue perceber se os alunos conseguiram relacionar os experimentos com os assuntos que eles estudaram em sala de aula? Caso afirmativo, relate algum(ns) episódio(s) que isso ocorreu.

5 - Você consegue perceber a motivação/expectativa dos alunos para estudar os assuntos da Física relacionados a um experimento de Circo que você foi o mediador?

6 - Você já leciona(ou) para turmas de Ensino Médio?

() SIM

() NÃO

6.1 - Caso a resposta anterior seja **SIM**, descreva como a vivência no projeto Circo da Física influencia(ou) na sua prática docente:

6.2 - Caso a resposta anterior seja **NÃO**, exponha o que você vivenciou no projeto Circo da Física que pode impactar na sua prática docente:

APÊNDICE 2: PESQUISA DE OPINIÃO SOBRE OS EXPERIMENTOS DO CIRCO DA FÍSICA

Prezado(a) estudante, essa pesquisa tem finalidade exclusivamente acadêmica para o Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática. Todas as informações fornecidas são confidenciais e de acesso exclusivo dos pesquisadores. Agradecemos imensamente a sua participação.

Responda todas as perguntas de múltipla escolha abaixo:

1 - Em sua opinião, o que você acha de estudar Física?

☐ ÓTIMO ☐ BOM ☐ REGULAR ☐ RUIM ☐ PÉSSIMO

2 - Qual o seu nível de compreensão sobre os fenômenos estudados pela Física?

☐ ÓTIMO ☐ BOM ☐ REGULAR ☐ RUIM ☐ PÉSSIMO

3 - O que você acha de aprender Física **sem** a utilização de experimentos?

☐ ÓTIMO ☐ BOM ☐ REGULAR ☐ RUIM ☐ PÉSSIMO

4 - O que você acha de aprender Física **com** a utilização de experimentos?

☐ ÓTIMO ☐ BOM ☐ REGULAR ☐ RUIM ☐ PÉSSIMO

5 - Como você classifica a qualidade das apresentações/explicações sobre os experimentos realizados pelo Circo da Física?

☐ ÓTIMA ☐ BOA ☐ REGULAR ☐ RUIM ☐ PÉSSIMA

6 - De modo geral, você acredita que aprender Física fica mais fácil com a realização de experimentos?

☐ SEMPRE ☐ QUASE SEMPRE ☐ ÀS VEZES ☐ NUNCA

7.1 - Quantos **experimentos** realizados pelo Circo você conseguiu relacionar com os **assuntos** de Física que seu professor ensina em sala de aula?

☐ TODOS ☐ MUITOS ☐ POUCOS ☐ NENHUM

7.2 - Cite quais **experimentos** que você conseguiu relacionar com o seu **respectivo assunto** visto em sala de aula:

8.1 - Assistir à apresentação do Circo da Física te ajudou a compreender os **conteúdos** de Física que **antes** você tinha dúvida?

☐ SIM, MUITO ☐ UM POUCO ☐ NENHUM POUCO

8.2 - Cite de quais **conteúdos** as dúvidas foram esclarecidas **após** a apresentação dos experimentos

APÊNDICE 3: PRODUTO EDUCACIONAL

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática

GUIA DE EXPERIMENTOS DO CIRCO DA FÍSICA:

Estratégias didáticas para o professor

Patrick de Almeida Pinto

Lev Vertchenko

Belo Horizonte

2019

APRESENTAÇÃO

Prezado Professor,

Este produto educacional foi idealizado em consonância com estudos realizados durante a elaboração da dissertação de Mestrado em Ensino de Física da PUC Minas, intitulada “Experimentos do Circo da Física: o ensino de Física na perspectiva de seus mediadores”. Esse produto, em formato de guia ao professor, foi desenvolvido para ser utilizado por professores de Física do Ensino Médio, podendo ser ampliado ao 9º ano do Ensino Fundamental.

O Guia de Experimentos do Circo da Física traz uma proposta de abordagem dos conteúdos relacionados com experimentos do acervo do projeto. As estratégias didáticas aqui sugeridas consideram a abordagem teórica dos conteúdos em aulas regulares inter-relacionadas com a abordagem prática desempenhada pelos integrantes do Circo da Física durante uma exposição dos experimentos do projeto. Então, esse guia deve ser adotado mediante a possibilidade de os alunos terem acesso ao trabalho do Circo da Física, da PUC Minas. Lembramos que esse projeto executa ações itinerantes nas escolas da região metropolitana de Belo Horizonte, mediante agendamento.

Com intuito de exemplificar a aplicabilidade das estratégias didáticas propostas nesse guia, três experimentos do Circo da Física foram selecionados: o Laser Falante, a Braquistócrona e o Martelo de Thor. Para esses experimentos, o material traz explicações de seus funcionamentos, a Física envolvida e uma proposta de como abordar os conteúdos relacionados, antes, durante e depois da exposição do Circo da Física.

Caso seja possível ao aluno assistir uma apresentação do Circo da Física, ele terá a oportunidade de vivenciar os fenômenos físicos de maneira interativa. Ao relacionar o que foi observado na prática com a teoria vista em sala de aula, ele terá a oportunidade de consolidar a aprendizagem desenvolvida em um espaço não formal. O professor poderá propiciar o contato de sua turma com a exposição do Circo da Física, criando um cenário de possibilidade para ensinar, aliando teoria e prática, buscando a compreensão dos fenômenos e construção das ideias por parte de seus alunos.

Bom trabalho!

Patrick de Almeida Pinto

patrick1984@gmail.com

SUMÁRIO

1	CONTEXTUALIZAÇÃO	93
1.1	Os experimentos no ensino de Física	94
1.2	O Circo da Física	95
2	ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS	101
2.1	Estratégias para “antes do Circo”	102
2.2	Estratégias para “durante o Circo”	103
2.3	Estratégias para “depois do Circo”	104
3	ESTRATÉGIAS APLICADAS AOS TRÊS EXPERIMENTOS	107
3.1	Laser Falante	108
3.2	Braquistócrona	116
3.3	Martelo de Thor	123
	REFERÊNCIAS	129

1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A Física é uma ciência abrangente que surgiu graças à dúvida sobre verdades dogmáticas. Fruto da curiosidade e inquietude humana, a Física foi moldada pela racionalidade empírica e nos revela descobertas científicas até os dias de hoje. O ensino de Física, frente ao dinamismo que apresenta, parece estar estático. Ao professor, cabe pesquisar e utilizar novos métodos que visem atender às demandas dos estudantes, oportunizando maiores possibilidades de aprendizagem.

O cenário do ensino de Física, para o Ensino Médio, apresenta problemas. A estrutura precária das instalações não permite a utilização de laboratórios, principalmente em escolas públicas. Geralmente, a organização do trabalho docente não prevê remuneração em períodos de preparação dos espaços e equipamentos de atividade experimentais e os investimentos em material de laboratório quase inexistem por não serem contemplados pela proposta pedagógica, em função da realidade da política educacional. De modo geral, a escola pública se mostra como um local de ociosidade e de falta de compromisso, enquanto a escola particular se mostra como um ambiente de treinamento exaustivo de memorização e de resolução de exercícios. Contudo, os experimentos são negligenciados. Moreira (2013) aponta que um dos principais problemas do ensino de Física se deve à forma como os assuntos são abordados, sem foco na compreensão e na aquisição de conhecimento e cultura.

A partir da análise de dados da dissertação, a qual esse produto educacional está integrado, subentende-se que uma solução possível para melhoria do ensino de Física consiste em utilizar metodologias de ensino de Física que privilegiem experimentação ao invés de somente aulas expositivas, na opinião de alunos de licenciatura em Física. Os respondentes destacam que os experimentos facilitam a compreensão dos conteúdos e despertam interesse e participação dos alunos. Uma etapa do trabalho, também descrito na dissertação, foi realizar uma pesquisa de opinião com alunos do 9º ano de uma escola pública sobre como são aulas de Física sem utilização de experimentos. As respostas dos alunos apresentaram os seguintes percentuais: ruim - 79%; péssimo - 29%; regular - 12%; ótimo - 2%. Quando perguntados sobre o que acham de aula de Física que utilizam experimentos, o resultado foi o seguinte: ótimo - 96%; bom - 4%. Então, tanto na percepção de futuros professores de Física, quanto na opinião de alunos que estão tendo seu primeiro ano com estudos da Física, os experimentos de Física são importantes.

A didática utilizada em uma aula prática é diferente, alternativa se comparada ao ensino tradicional de Física, formatada, exclusivamente, com aulas expositivas dentro dos espaços

formais de ensino. A utilização de experimentos permite interatividade e visualização da ação, construção de conceitos e ideias sobre o objeto em estudo.

Entende-se a importância dos experimentos para ensinar Física, porém a estrutura curricular, o formato e abordagem do ensino tradicional e a precariedade dos recursos para a educação dificultam o acesso dos alunos aos experimentos (REZENDE; OSTERMANN, 2005). Uma solução ao problema apresentado é o que pretende esse produto educacional, em forma de Guia de Experimentos para professores, contendo estratégias didáticas para se utilizar os experimentos do projeto Circo da Física, da PUC Minas.

1.1 Os experimentos no ensino de Física

O processo de ensino-aprendizagem em Física, assim como em qualquer outra ciência, consegue ser mais eficiente quando é realizado por meio ou com auxílio de atividades práticas. De fato, os experimentos contribuem para uma melhor compreensão dos modelos e fenômenos. A atividade prática permite uma apropriação do significado dos instrumentos e materiais, com uma proximidade entre o objeto e a ideia sobre o objeto. A manipulação e a interatividade presente em um experimento motivam os alunos a buscarem mais explicações e testarem novas possibilidades.

Por sua vez, a aula teórica, geralmente, fica distante do que se pretende compreender, necessitando de uma boa capacidade de abstração. Quando os termos e as situações apresentadas são distantes da realidade e do cotidiano de um aluno, a tendência é que ele não consiga abstrair devidamente, o que torna a aula em um momento de desestímulo e frustração.

Os experimentos contribuem para a aprendizagem do aluno e podem complementar as aulas expositivas. Além disso, os experimentos utilizados para ensino permitem que os alunos os relacionem com aplicações práticas cotidianas, tais com máquinas, construções, fenômenos da natureza e sensações do corpo humano.

Um experimento quando utilizado pelos alunos deve ser mediado por pessoas capacitadas para a tarefa (MARANDINO *et al.*, 2008). A mediação pode ser proveniente do próprio professor ou de um monitor de centro de ciências, museu, observatório ou exploratório. Esse cenário de interação entre aluno, mediador e experimento remete uma teoria da aprendizagem baseado na interação entre o indivíduo e o meio, considerando o contexto sócio histórico. A teoria sociointeracionista, de acordo com Vygotski (1991; 2001), traz à luz a forma como ocorre a construção do pensamento e dos significados para um indivíduo em idade

escolar. Nessa linha, o indivíduo que aprende é influenciando não só pelo meio e seus instrumentos, mas também pela interação social que o permite construir mentalmente os signos a sua volta.

Os problemas das escolas, tais como a falta de estrutura e o baixo investimento em equipamentos impedem que os alunos usufruam de experimentos no ensino de Física. Por outro lado, é possível desenvolver e aprender com atividades práticas em ambientes não formais de educação, sem a necessidade de um laboratório ou recursos dentro da escola. Uma alternativa, proposta por esse guia, é utilizar a expertise do Circo da Física da PUC Minas. Foram considerados os benefícios que essa proposta pode trazer aos alunos de Ensino Médio, além da parte lúdica e divertida dos experimentos, a interação com o mediador e com o experimento, permitindo-lhes observar, compreender, indagar e construir o raciocínio e as ideias sobre conceitos e fenômenos físicos.

Para aproveitar melhor a experiência educacional dos alunos com o Circo da Física, é interessante prepará-los antes, intervir durante o evento mediante alguma demanda e, posteriormente, retomar os assuntos com aprofundamento. A proposta desse Guia de Experimentos do Circo da Física é justamente trazer estratégias didáticas para o professor explorar, satisfatoriamente, com seus alunos, as possibilidades de ensino e aprendizagem que uma apresentação de experimentos, da forma como ela acontece, pode proporcionar. Particularmente, da minha infância e adolescência na escola, lembro de algumas coisas que aprendi, esqueci de bastantes coisas e momentos, mas recordo intensamente das visitas pedagógicas a cidades históricas, usina hidroelétrica e reserva ecológica. Tais vivências estão marcadas na minha memória, as lembranças das experiências que vivi e dos conhecimentos que adquiri.

1.2 O Circo da Física

O Circo da Física é um projeto de divulgação científica da PUC Minas que trabalha de forma itinerante, montando apresentação nas escolas de Educação Básica da região metropolitana de Belo Horizonte/MG. Em sua estrutura, trabalham alunos de licenciatura em Física que desenvolvem novos experimentos, executam tarefas de manutenção dos equipamentos e, como atividade fim, exercem papel de medidores nas apresentações do projeto, atuando na condução dos alunos frente aos experimentos.

O Circo da Física funciona de forma itinerante em parceria com escolas, as quais solicitam a visita do Circo da Física na secretaria do Departamento de Física e Química da PUC

Minas. Acertado os detalhes de logística e suporte, o Circo leva toda sua estrutura para a quadra ou pátio da escola. Durante um evento itinerante do Circo da Física, a escola visitada tem um dia atípico. A quadra ou o pátio da escola, configurados desta forma como espaços não formais, tornam-se ambientes de ensino, ocupados pelos estandes de experimentos do Circo da Física. Com uma abordagem lúdica, os mediadores do Circo buscam ensinar Física para o público, mostrando que aprender ciência pode ser divertido. Os alunos da escola se espalham pela quadra, com ansiedade para interagir com todos os experimentos dispostos. Existe sempre uma interatividade dos experimentos para que os alunos manipulem, pensem em soluções e se empoiguem com o conceito físico por trás daquela atividade prática.

Entende-se que quando um aluno consegue perceber o que ele aprendeu nas aulas de Física em seu cotidiano, a compreensão do mundo e da natureza se torna mais satisfatória. Essas aulas podem ser ministradas fora das salas de aula, fora da escola, em espaços não formais como museus, centros de ciências, projetos de divulgação científica, apresentações artístico-culturais, exploratórios ou planetários constituem uma forma alternativa, complementar e enriquecedora de aproximar a Física e seus objetos de estudos da realidade dos estudantes. Os espaços não formais são definidos pelo seu vínculo a uma instituição e pela sua intencionalidade explícita de ensino, porém, sem a necessidade de um sistema de avaliação ou certificação. A busca pelo conhecimento por parte do espectador ocorre pelo seu engajamento e não pela busca de uma aprovação em testes (MARANDINO *et al.*, 2008).

Em espaços não formais, tais como as quadras transformadas pelas instalações do Circo, os alunos ficam entusiasmados a aprender de uma forma diferente da que estão acostumados. Durante uma aula de Física, o aluno faz uma representação mental abstrata do que o professor diz, mas somente com a visualização e/ou manuseio de certos instrumentos, amostras e materiais é que consegue obter o significado de termos e conceitos. Baseado na interação com os objetos, com o espaço e com o tempo, os estudantes são inseridos num processo de “recontextualização” do saber (MARANDINO, 2004). De certa forma, muitas coisas a partir daí, passam a “fazer mais sentido”.

O acervo do Circo da Física contém aproximadamente 25 experimentos. Os experimentos que mais utilizados nas apresentações do Circo, geralmente, são os seguintes: Gerador de Van der Graaff, Cochichódromo, *Hover craft*, Assento com pregos, Martelo de Thor, Banco giratório, Periscópio, Fonte de Heron, Braquistócrona, Laser falante, Termoscópio, Miniatura do Trem-bala, Caverna do Dragão, Parafuso de Arquimedes, Dínamo com disco de Newton e Espectroscópio. A seguir estão fotografias desses experimentos, durante um evento realizado em uma escola, em Betim/MG:

**Figura 1.1: Gerador de Van der Graaff (sup. esq.), Cochichódromo (sup. dir.),
Hover craft (inf. esq.) e Assento com pregos (inf. dir.)**



Fonte: Dados da pesquisa

**Figura 1.2: Martelo de Thor (sup. esq.), Banco giratório (sup. dir.),
Periscópio (inf. esq.) e Fonte de Heron (inf. dir.)**



Fonte: Dados da pesquisa

**Figura 1.3: Braquistócrona (sup. esq.), Laser falante (sup. dir.),
Termoscópio (inf. esq.) e Miniatura do Trem-bala (inf. dir.)**



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 1.4: Caverna do Dragão (sup. esq.), Parafuso de Arquimedes (sup. dir.), Dínamo com disco de Newton (inf. esq.) e Espectroscópio (inf. dir.)



Fonte: Dados da pesquisa

Observando as fotografias dos experimentos durante um evento itinerante em escola, percebe-se a interatividade dos experimentos. Os alunos são convidados a tocar, montar, manusear, falar, sentir, girar, interagir com os experimentos. E não se trata só de uma brincadeira, pois cada experimento é conduzido por mediadores, cuja função é proporcionar suporte para os alunos compreenderem a ciência por traz daqueles aparentes brinquedos.

Os mediadores do Circo da Física, em dados da pesquisa realizada associada a esse guia, apontam que os alunos conseguem relacionar os conteúdos trabalhados em sala de aula com os experimentos. Os alunos de uma escola visitada pelo projeto, que participaram da pesquisa, também foram perguntados se conseguiram relacionar os experimentos do Circo com as matérias dadas em sala de aula. Outra constatação interessante trazida nas entrevistas realizadas com os mediadores do Circo mostra que, em alguns episódios, os alunos ficam muito entusiasmados e perguntam bastante sobre conceitos físicos e aplicações tecnológicas de certo experimento. Não menos interessante também dão conta de episódios onde os alunos assumem não gostar de estudar de Física, mas que depois daquela apresentação do Circo, enxergam a Física de outra maneira.

Para desempenhar sua função, assim como o professor, o mediador do Circo da Física precisa estar atento aos anseios dos alunos e perceber quando a comunicação não é sendo efetiva. Refletir sobre o que está sendo feito é uma necessidade elementar nesse tipo de mediação. O mediador, em alguns momentos o estagiário do Circo, em outro o professor, deve ter a competência de considerar a reflexão como ferramenta essencial a ser utilizada durante a ação e, posteriormente, sobre sua ação (SCHÖN, 2000).

2 ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS

As estratégias didáticas desse Guia de Experimentos do Circo da Física consideram como esse projeto se organiza e como atuam os mediadores na condução dos experimentos, baseado em pesquisas de observações e entrevistas realizadas com os mediadores do projeto. Com essas informações, esse produto educacional indica, para os professores, duas formas de abordagem dos conteúdos: teórica, em espaço formal, nas aulas que antecedem e sucedem o contato dos alunos com os experimentos do Circo da Física; prática, em espaço não formal, durante a atuação do Circo da Física. Portanto, esse produto educacional possibilita que o professor possa discutir com seus alunos o que se aprendeu de forma mais embasada e relacionada com o cotidiano, fomentando o objetivo dessa proposta ao permitir ao professor poder se preparar melhor e realizar seu trabalho com mais segurança.

Para a elaboração do guia, foram selecionados três experimentos do Circo da Física, cujo intuito é exemplificar a aplicação de estratégias didáticas propostas. Ou seja, demonstrar a metodologia de como o professor pode utilizar os experimentos do Circo da Física para explorar melhor alguns conteúdos. Os três experimentos selecionados, que no próximo capítulo serão tratados com a aplicação da proposta, foram os seguintes: Laser falante, Braquistócrona e Martelo de Thor. A motivação para escolher tais experimentos se baseou, entre outros fatores, por se tratarem de blocos distintos da Física, geralmente estudados em cada uma das séries do Ensino Médio: Laser falante - Ondas, na 2ª série; Braquistócrona - Mecânica, na 1ª série; Martelo de Thor - Eletromagnetismo, na 3ª série.

As estratégias didáticas estão divididas em três fases, de acordo com momento que elas estão programadas para acontecer:

- Estratégias para “antes do Circo”, em sala de aula. (Esquema A)
- Estratégias para “durante do Circo”, em espaço não formal. (Esquema B)
- Estratégias para “depois do Circo”, em sala de aula. (Esquema C)

As estratégias estão enumeradas em colunas dos esquemas e enumeradas, sendo A1 e A2 para o esquema A, somente B1 para o esquema B e C1, C2, C3 e C4 para o esquema C.

As estratégias aplicadas estão, aqui, descritas somente aos três experimentos selecionados, pois se tratam de exemplos. Apesar disso, as estratégias podem ser generalizadas e utilizadas para quaisquer experimentos do acervo do Circo da Física. Assim, o professor pode

elencar outros experimentos do Circo da Física, coerentes aos assuntos que quer trabalhar com seus alunos e utilizaras orientações apresentadas, a seguir.

2.1 Estratégias para “antes do Circo”

As orientações nessa fase têm características introdutórias, configurando-se como a apresentação do conteúdo. O objetivo consiste numa abordagem conceitual sobre termos e conceitos de um assunto da Física, em aulas anteriores à participação dos alunos numa apresentação do Circo da Física. O papel do professor é fornecer, aos alunos, aparato teórico suficiente para um diálogo introdutório sobre o assunto que se estuda, bem como conhecer alguma aplicação cotidiana que utiliza aquele conteúdo.

A estratégia principal é apresentar os termos e conceitos principais relativos aos conteúdos, anteriormente à exposição do Circo, sem comentar sobre experimentos que são realizados com aquele assunto. A intenção é que isso implique, positivamente, no modo como um aluno interpreta o experimento. Apresentam-se, a seguir no Quadro 1, as estratégias propostas, antes dos alunos participarem da apresentação do Circo da Física, para o professor abordar um tema da Física:

Quadro 1 - Estratégias para se adotar anteriormente a apresentação do Circo da Física

Matriz A: Estratégias para “antes do Circo”	
A1. Apresentação dos termos e conceitos básicos.	- Realizar uma problematização inicial: relatar uma situação a qual aquele conteúdo da Física pode ser empregado para perceber os conhecimentos prévios. - Discutir os conhecimentos prévios dos alunos e construir, de forma conjunta, algo mais próximo com a explicação fisicamente coerente. - Apresentar outros termos comuns daquele conteúdo, na lousa, e perguntar aos alunos o que cada um significa. Coletar as impressões dos alunos e moldá-las ao fisicamente coerente.
A2. Solicitação de pesquisas sobre o tema.	- Como lição de casa, solicitar aos alunos uma leitura e registro de algo mais sobre os temas, indicando palavras-chave. Orientar os alunos a não se preocuparem com fórmulas ou situações mais complexas (por enquanto). Indicar o livro-texto ou outras fontes de consulta.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

O intuito dessa fase é promover para o aluno a capacidade de associar um ou alguns experimentos ligados ao conteúdo trabalhado em sala de aula (A1) ou na atividade de pesquisa (A2) realizada em casa. Outro aspecto está relacionado à linguagem empregada, o que impacta na construção do pensamento dos estudantes. Saber, de antemão, o vocabulário utilizado e o básico das leis e dos princípios auxiliam a interação do aluno com o mediador e, conseqüentemente, na sua percepção sobre o fenômeno ocorrido no experimento. Ao se conhecer o vocabulário empregado no conteúdo da Física empregado em um experimento do Circo, evitam-se interpretações errôneas ou ambíguas durante a fala do mediador.

2.2 Estratégias para “durante o Circo”

A principal estratégia nessa fase é propiciar aos alunos o acesso a uma apresentação do Circo da Física. O projeto é disponível para visitas itinerantes na escola. Ao organizar uma visita do Circo, a comunidade escolar beneficiará a escola como um todo, desde alunos menores até os pais que podem participar, pois o Circo adéqua a condução dos experimentos a cada faixa etária.

O aluno em contato com os experimentos do Circo da Física poderá interagir ao manusear experimentos, utilizá-los para testar a comunicação, testar situações inusitadas e testar os sentidos da visão, tato e audição. Basicamente, a seguir, no Quadro 2 estão as estratégias propostas para os momentos em que os alunos estiverem no evento do Circo da Física:

Quadro 2 - Estratégias para se adotar na apresentação do Circo da Física

Matriz B: Estratégias para “durante o Circo”	
B1. Observação e eventual mediação do experimento por parte do professor.	- No local da apresentação do Circo da Física, buscar um local mais próximo ao experimento relacionado ao conteúdo introduzido na fase anterior. - Acompanhar a condução do experimento pelo mediador do Circo. Estabelecer com o mediador uma parceria. Interferir somente em caso de necessidade. - Executar a reflexão na ação em caso de situações e demandas inesperadas.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Cabe ao professor interferir o mínimo possível na mediação do estagiário do Circo. No entanto, no momento da observação (B1), caso o professor perceba que a abordagem do mediador está insatisfatória, ele deve refletir durante a ação e julgar se deve intervir. O professor deve propor uma parceria solicitando uma explicação sobre determinado aspecto ou deve assumir a mediação em conjunto com o estagiário caso exista essa abertura.

2.3 Estratégias para “depois do Circo”

Essas estratégias encerram a o ciclo e possibilitam que as ideias fiquem amarradas. Essa fase abre espaço para as investigações e compreensão dos fenômenos. Os alunos retornam ao espaço formal da sala de aula, levando consigo o aprendizado oportunizado pela vivência com os mediadores e experimentos do Circo da Física. A seguir, no Quadro 3 estão as estratégias didáticas para se adotar após o aluno participar da apresentação do Circo:

Quadro 3 - Estratégias para se adotar posteriormente a apresentação do Circo da Física

Matriz C: Estratégias para “depois do Circo”	
C1. Levantamento das impressões dos alunos sobre o(s) experimento(s) do Circo da Física.	- Organizar a sala em círculo para que os alunos exponham o que eles vivenciaram. - Responder as dúvidas sobre os experimentos. Caso a dúvida seja um pouco mais complexa, esperar para que ela seja esclarecida nas aulas expositivas.
C2. Apresentação dos conceitos, leis e princípios relacionados ao tema, em conexão com o experimento.	- Estabelecer um paralelo com os experimentos, agora com uma base teórica mais embasada. - Explicar os conceitos, leis, fórmulas e princípios aplicados ao experimento. - Introduzir pequenos textos e imagens relacionados aos experimentos ou equipamentos que o compõe.
C3. Proposição de questões.	- Propor questões bem estruturadas e contextualizadas.
C4. Investigação de aplicações do tema.	- Propor aos alunos pesquisas sobre aplicações e alguns fenômenos naturais relacionados ao tema.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

A condução das estratégias não precisa seguir a sequência C1, C2, C3 e depois C4, pois não existe uma cronologia pré-definida. As estratégias podem até se fundir em momentos oportunos, conforme demanda estabelecida pelo professor. Mas, alguns tópicos respeitam, relativamente, uma sequência lógica que pode ser considerada. Outro fator a ser ressaltado é que as propostas têm um caráter geral a todos os experimentos. Porém, em alguns casos, pode não ser aplicável, bastando então desconsiderá-la.

É nessa fase que o aluno vai ter contato com a certa quantidade de conteúdos e informações. O sentido das coisas começa a se mostrar coerente e o aluno tem a possibilidade de concretizar o seu conhecimento sobre o tema estudado. Quando a abordagem retoma o experimento e nele constrói o que deve ser explicado, a apropriação dos conceitos pode ser facilitada. Assim, entende-se que esse contexto como suficientemente bom para se introduzir conteúdos mais complexos e formulações matemáticas.

3 ESTRATÉGIAS APLICADAS AOS TRÊS EXPERIMENTOS

Os exemplos de como elaborar as estratégias aplicadas estão apresentados considerando as matrizes A, B e C, para as estratégias “antes do Circo”, “durante o Circo” e “depois do Circo”, respectivamente. Esses exemplos estão dispostos seguindo a organização seguinte:

- Funcionamento básico do experimento.
- Aplicação das estratégias didáticas.

Para qualquer outro experimento do Circo da Física, o professor pode utilizar a mesma metodologia aplicada para os exemplos a seguir, adaptando o conteúdo em cada tópico.

Para tratar das aplicações das estratégias, organizados a essa metodologia, serão utilizados os códigos das matrizes A, B e C. Um resumo delas está expresso no Quadro 4 a seguir:

Quadro 4 - Matriz resumida das estratégias didáticas para cada momento

Esquema A: Estratégias para “antes do Circo”	
A1. Apresentação dos termos e conceitos básicos.	A2. Solicitação de pesquisas sobre o tema.
Esquema B: Estratégias para “durante o Circo”	
B1. Observação e eventual mediação do experimento por parte do professor.	
Esquema C: Estratégias para “depois do Circo”	
C1. Levantamento das impressões dos alunos sobre o(s) experimento(s) do Circo da Física.	C3. Proposição de questões.
C2. Apresentação dos conceitos, leis e princípios relacionados ao tema, em conexão com o experimento.	C4. Investigação de aplicações do tema.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

3.1 Laser Falante

Funcionamento básico

O experimento Laser falante está relacionado com as tecnologias empregadas em telecomunicações que, geralmente utilizam ondas eletromagnéticas para transportar informações. Seus componentes básicos são: Fonte de alimentação (pilhas), microfone, circuito modulador do sinal, lanterna laser, sensor óptico, circuito receptor do sinal, alto-falantes.

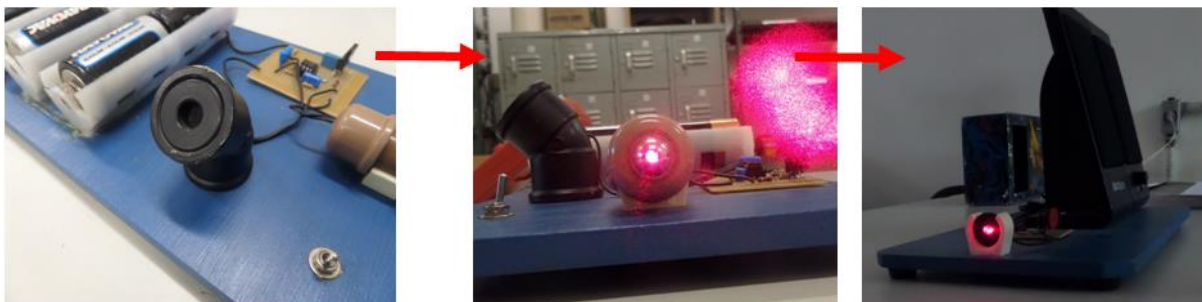
Figura 2 - Montagem do Laser Falante



Fonte: Dados da pesquisa

Basicamente, o equipamento consiste em um microfone para captação de áudio ligado a um circuito que modula o sinal de áudio captado e o transmite através de um feixe de *laser*. O sinal, então, é transportado por meio do feixe de luz visível e é captado por um sensor de luminosidade, posicionado em alinhamento com a lanterna à *laser*.

Figura 3 - Etapas da transmissão de sinal luminoso



Fonte: Dados da pesquisa

O sinal recebido pelo sensor de luminosidade é convertido e amplificado pelos circuitos ligados aos alto-falantes, numa distância de aproximadamente dois metros entre a entrada de áudio (microfone) e a saída de áudio (caixas de alto-falante).

O sistema tem praticamente o mesmo princípio do microfone sem fio, transmissão de dados *wireless*, radiodifusão etc.

O Laser falante se destaca pela sua interatividade com os alunos. Eles precisam testar o funcionamento do equipamento ao manipulá-lo para que o laser atinja o sensor. Depois, eles executam o teste da comunicação ao falar no microfone e perceber o saindo dos alto-falantes. Alguns alunos mais curiosos testam interromper a passagem do feixe de luz com a mão para testar se o sinal deixa de ser transportado.

Aplicação das estratégias

A1) Apresentação dos termos e conceitos básicos:

- Problematização inicial:

- “Como funciona uma estação de rádio?”
- “E os celulares? Por que não precisam estar ligados a fios?”
- “Nós somos capazes de escutar ondas de rádio?”

- Introdução ao tema:

Abordar termos e conceitos básicos, consultando o conhecimento prévio dos alunos.

- Movimento ondulatório.
- Ondas mecânicas.
- Ondas sonoras.
- Ondas Eletromagnéticas.
- Onda de rádio.

A2) Solicitação de pesquisas sobre o tema:

- As palavras-chave para a pesquisa em casa:

- Transmissão de dados.
- Rádio FM.
- Rádio AM.
- *Laser*.

B1) Observação e eventual mediação do experimento por parte do professor:

- N/A: Não se aplica ao exemplo, pois só é possível com observações *in loco*.

C1) Levantamento das impressões dos alunos sobre o(s) experimento(s) do Circo da Física:

- N/A: Não se aplica ao exemplo, pois só é possível perante os alunos.

C2) Apresentação dos conceitos, leis e princípios relacionados ao tema, em conexão com o experimento:

- Nas aulas introdutórias, foram definidos alguns conceitos de onda. Agora é necessário aprofundar e formalizar os seguintes assuntos, sem deixar de conectar com o experimento. A seguir está um texto base, seja para expor no quadro ou para criar um material impresso para o aluno. Outra possibilidade é imprimir somente os textos de apoio, retirados de livro e colocados ao longo do texto base:

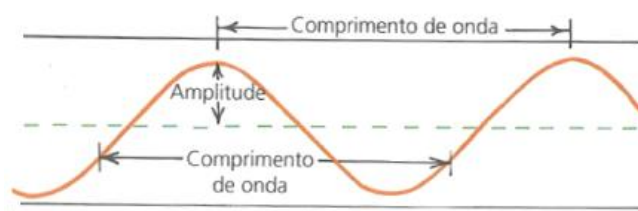
A Física envolvida no Laser falante

Ondas são oscilações periódicas que transportam energia, nunca transportam matéria.

Geralmente, definimos uma onda quanto a sua frequência. A frequência (f) é uma grandeza física que mede quantidade de oscilações realizadas a cada segundo, ou seja, sua unidade de medida é s^{-1} , porém utiliza-se a unidade Hz (hertz) para designar essa grandeza.

Para caracterizar uma onda, temos algumas grandezas físicas: amplitude, velocidade de propagação, comprimento de onda e velocidade de propagação.

Figura 4 - Representação de onda com amplitude e comprimento de onda em detalhe



Fonte: Hewitt (2015, p. 359)

A amplitude (A) é a distância entre o ponto médio da onda a crista, ou vale.

O período (T) é o tempo que decorrente em uma oscilação completa. Logo, pode-se perceber que o a frequência é o inverso do período:

$$f = \frac{1}{T}$$

O comprimento de onda (λ) é a distância entre dois pontos consecutivos da onda, ou seja, pode ser a distância entre duas cristas ou dois vales, por exemplo.

A velocidade (v) de propagação indica em qual direção uma onda está deslocando a sua energia. Assim, temos a relação:

$$v = \lambda f$$

Outra característica importante: se a direção de vibração for a mesma da direção de propagação, a onda é longitudinal; se a direção de vibração for perpendicular a direção de oscilação, a onda é transversal.

Outro tipo de classificação, quanto à natureza das ondas:

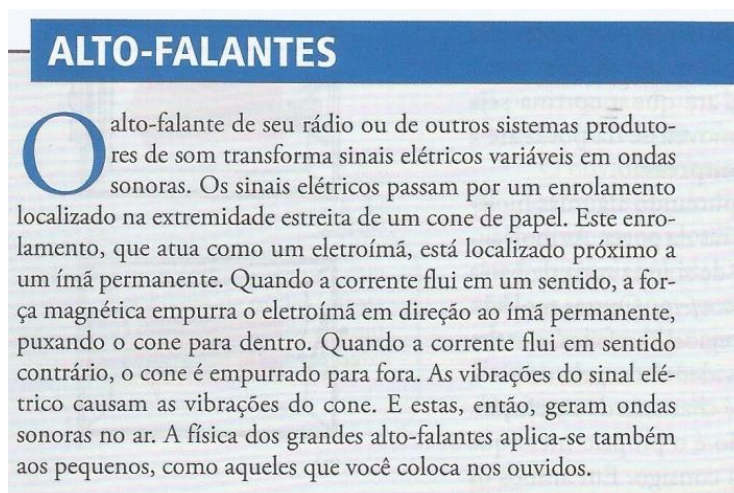
- Ondas mecânicas: necessitam de meio material para se propagar. Portanto, não propagam no vácuo.
- Ondas eletromagnéticas: a oscilação de campo elétrico e campo magnético produz a radiação eletromagnética.

Logo, como podemos classificar as duas ondas presentes no Laser falante?

O som é uma onda mecânica e longitudinal, o qual é produzido pelos choques sequenciais de moléculas, causando uma oscilação das moléculas e forma as regiões de compressões e regiões de rarefações sucessivas.

No experimento do Laser falante, dois equipamentos funcionam com as ondas sonoras: o microfone e o alto-falante. Tais dispositivos são denominados transdutores eletroacústicos, pois transformam as oscilações pertinentes aos sons em pulsos elétricos e vice-versa. O texto a seguir ajuda a entender:

Figura 5 - O funcionamento do alto-falante

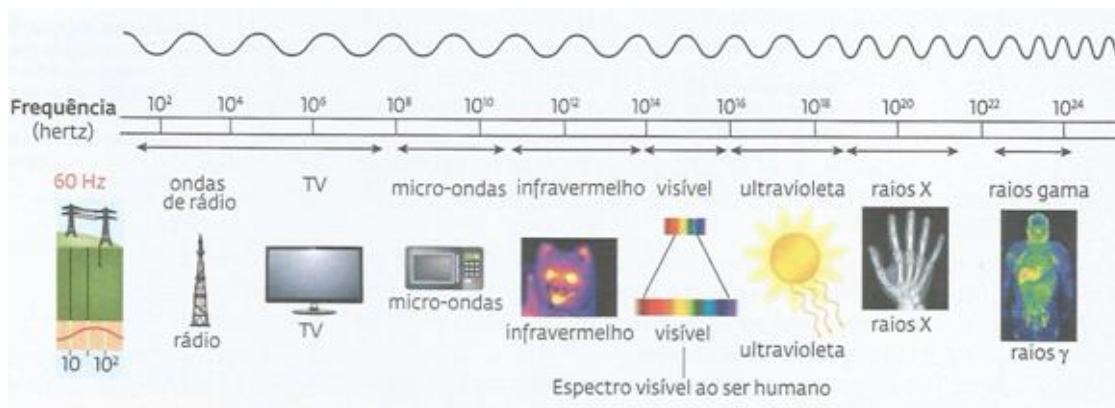


Fonte: Hewitt (2015, p. 378)

A luz, por sua vez, é uma onda eletromagnética e, assim como todas outras ondas eletromagnéticas, é transversal e se propaga no vácuo com velocidade de $3,0 \times 10^8$ m/s.

A Figura 6, a seguir, esquematiza o espectro eletromagnético, apresentando todas as radiações eletromagnéticas em função da sua frequência ou comprimento de onda.

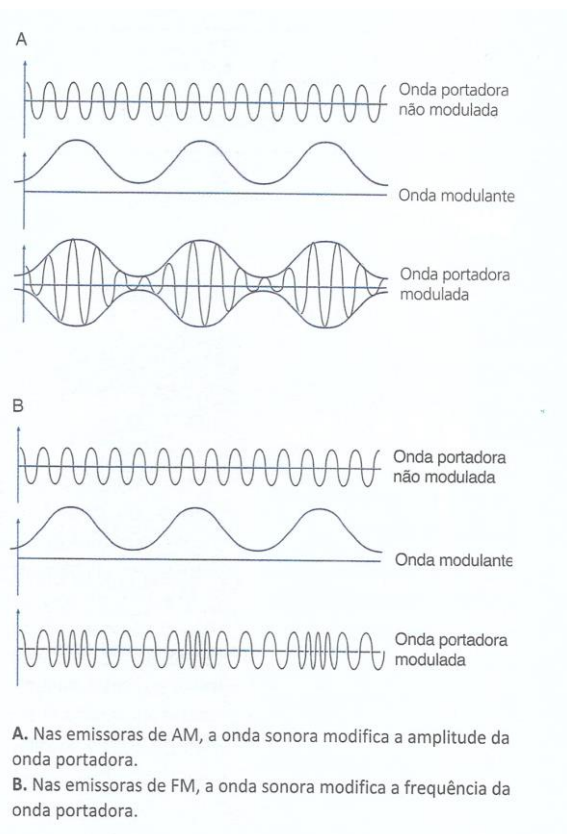
Figura 6 - Espectro eletromagnético e algumas aplicações



Fonte: Luz, Álvares e Guimarães (2016, p.214)

Estações emissoras de rádio emitem ondas eletromagnéticas de frequência relativamente baixa e comprimento de onda alto. As rádios podem ser classificadas como AM ou FM. A figura 7, a seguir, explica a diferença básica entre as duas:

Figura 7 - Diagrama comparativo entre as ondas das rádios AM e FM



Fonte: Kantor et al. (2010)

Em um estúdio, um locutor narra ao microfone, que funciona como transdutor, transformando as oscilações da sua voz em pulsos elétricos por um circuito. Esse código dos pulsos elétricos é decodificado e passa para uma antena, que o transmite em forma de onda eletromagnética. Para que a transmissão chegue aos aparelhos receptores, é necessário que esteja ligado e que a sua antena esteja sintonizada para receber essas ondas. Daí, para ouvir o que o locutor falou no seu aparelho de rádio, o som sai pelo alto-falante, equipamento transdutor assim como o microfone.

No experimento Laser falante, consegue-se a transmissão de dados, porém, utilizando a luz visível do *laser*, ao invés de ondas de rádio. A palavra *laser* é um acrônimo para *Light Amplification by the Stimulated Emission Radiation*. Para entender um pouco melhor a luz laser, vamos caracterizá-lo: monocromática, coerente e direcional. Monocromática porque consegue emitir uma faixa bem estreita do espectro visível, caracterizando a como uma onda de frequência praticamente única. Coerente, porque as diversas radiações do feixe que o constituem estão rigorosamente em fase. Direcional, porque o laser tem um estrito paralelismo. Na figura 8[a] temos o esquema de um feixe de luz monocromática qualquer. Compare com a figura 8[b], representando o esquema de um feixe de *laser*.

Figura 8 - [a] luz monocromática (à esq.); [b] luz *laser* (à dir.)



Fonte: Hewitt (2015, p.575)

Algumas questões sobre o Laser falante devem ser discutidas e estão propostas a seguir.

C3) Proposição de questões:

Q1 - Laser falante

A lanterna de *laser* utilizada no Laser falante emite luz visível vermelha. Aparelhos celulares, rádios e telecomunicações, em geral, utilizam faixas das ondas de rádio no espectro. Mas, em ambos os casos, foi possível transmitir a fala de uma pessoa em um microfone para um alto falante. Então, qual a característica comum da luz do *laser* e das ondas de rádio permite que ambas funcionem na transmissão de informação?

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Q2 - Laser falante

Comparando o funcionamento do experimento Laser falante com o de uma estação de rádio, seria possível definir se a luz *laser* utilizada como onda de transmissão se comportaria tal como uma rádio AM ou uma rádio FM? Justifique.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Q3 - Laser falante

Faça uma distinção entre os tipos de luz apresentados a seguir:

- a) luz monocromática e luz solar.
- b) luz coerente e luz solar.

Fonte: Hewitt (2015, p.578)

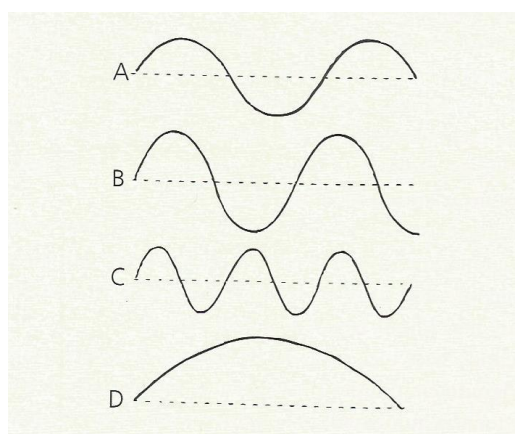
Q4 - Laser falante

O *laser* é utilizado em diversas áreas da ciência, da indústria e da medicina. Por meio de uma pesquisa, faça uma lista com dez aplicações do *laser*.

Fonte: Kantor *et al.*(2010, p.112)

Q5 - Laser falante

Todas as ondas mostradas abaixo têm a mesma velocidade no mesmo meio. Use uma régua e ordene essas ondas em sequência decrescente, de acordo com o valor de sua/seu:



- a) amplitude.
- b) comprimento de onda.
- c) frequência.
- d) período.

Fonte: Hewitt (2015, p.371)

Q6 - Laser falante

Alguns sistemas de segurança incluem detectores de movimento. Nesses sensores, existe uma substância que se polariza na presença de radiação eletromagnética de certa região de frequência, gerando uma tensão que pode ser amplificada e empregada para efeito de controle. Quando uma pessoa se aproxima do sistema, a radiação emitida por seu corpo é detectada por esse tipo de sensor.

WENDLING, M. Sensores. Disponível em: www2.feg.unesp.br. Acesso em: 7 maio 2014 (adaptado).

A radiação captada por esse detector encontra-se na região de frequência

- a) da luz visível.
- b) do ultravioleta.
- c) do infravermelho.
- d) das micro-ondas.
- e) das ondas longas de rádio.

Fonte: INEP/ENEM (2014)

C4) Investigação de aplicações do tema:

Proposta de pesquisa, turma dividida em grupos por tópico. Após o período de pesquisa, os alunos apresentam o conteúdo da pesquisa para o restante da sala.

- Funcionamento dos seguintes equipamentos:

- Roteador *wi-fi*.
- Radiografia (raio-x).
- Aparelhos celulares.
- Fibra óptica.
- Forno micro-ondas.
- TV via satélite.
- Raios UV.
- Rádio pirata.

3.2 Braquistócrona

Funcionamento básico

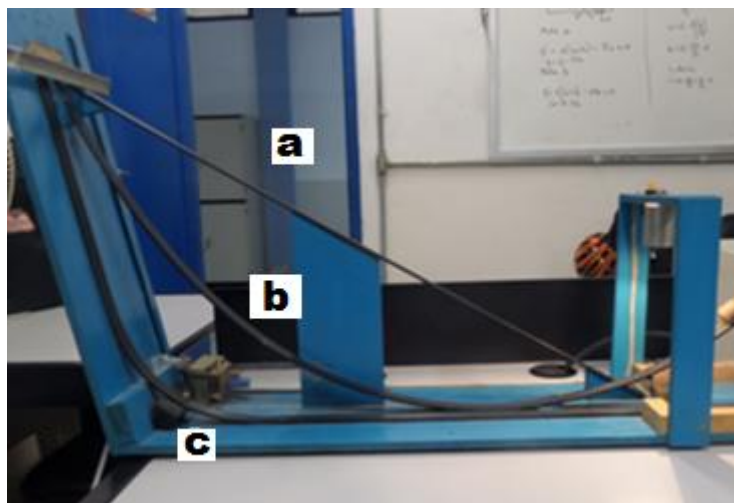
Braquistócrona significa, na etimologia da palavra, o menor tempo. A curva braquistócrona, portanto é aquele perfil por onde uma partícula se desloca entre dois pontos em desnível e afastados um do outro em relação à horizontal, sob ação exclusiva da gravidade.

O experimento Braquistócrona do Circo da Física consiste em uma competição entre três esferas metálicas idênticas. Elas são abandonadas ao mesmo tempo de uma mesma altura e devem percorrer suas respectivas rampas de descida entre as três opções a, b e c, conforme Figura 9. Os perfis das rampas são os seguintes:

- a) Uma reta com inclinação constante;
- b) Uma cicloide, definida como uma parte invertida da trajetória de um ponto fixo de um aro circular quando posto a rotacionar e transladar por meia volta;
- c) Uma hipérbole muito inclinada inicialmente, próximo a 90° e com restante da trajetória com levemente inclinada, próximo a 0° .

Os perfis das rampas **a**, **b** e **c**, descritas anteriormente, estão sinalizados na Figura 9.

Figura 9 - Perfil das rampas no experimento Braquistócrona



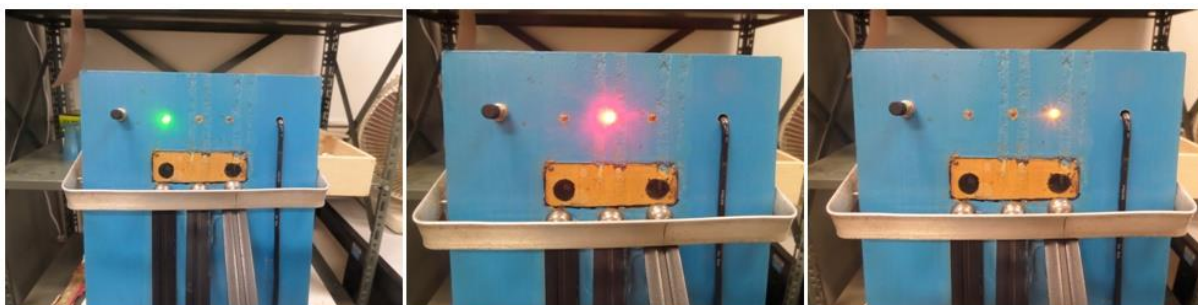
Fonte: Dados da pesquisa

O desafio proposto aos alunos antes de soltar as esferas é empolgante. A resposta não é intuitiva e quem a vê assim quase sempre é surpreendido. Ao testar o raciocínio lógico e os conceitos físicos, o experimento apresenta uma interatividade que deixa os alunos ansiosos para ver o resultado na prática e curiosos para entender e discutir a explicação do experimento. Alguns espectadores só consideram a menor distância a ser percorrida. Outros só consideram a

aceleração adquira no início da queda sem considerar o percurso. Ao tentar explicar conceitualmente, o mediador do Circo consegue convencer boa parte do público, mesmo assim, alguns não se convencem da explicação. E o mais surpreendente, alguns poucos espectadores, desconfiados, duvidam até mesmo do resultado obtido na prática, mesmo o experimento sendo feito por repetidas vezes.

Ao atingir o ponto de chegada, a esfera interrompe a luz que antes chegava num sensor e uma placa eletrônica envia o comando para a lâmpada acender, definindo a esfera que chegou primeiro.

Figura 10 - Teste do acionamento dos sensores ópticos: hipérbole (verde), cicloide (vermelha) e plano inclinado (amarela)



Fonte: Dados da pesquisa

Quando as esferas são abandonadas simultaneamente, a esfera que sempre atinge o ponto de chegada primeiro é a da curva braquistócrona (perfil b), surpreendendo alguns espectadores por esse caminho não ser o mais curto entre a largada e chegada.

A construção de rampas de skate do tipo *half pipe* e de trilho de montanhas-russas são aplicações direta desse tipo de curva, justamente pelo fato da cicloide ser a solução para o problema da braquistócrona.

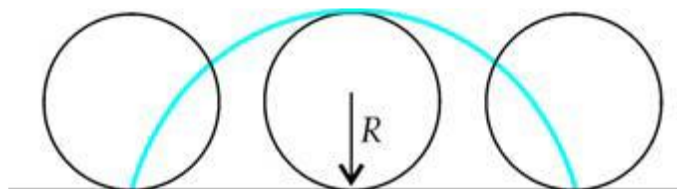
A demonstração matemática para encontrar a equação cujo trajeto é o de menor tempo entre dois pontos em desnível é sofisticada. No entanto, o nível de complexidade do cálculo variacional não é indicado para o nível de maturidade matemática de alunos do Ensino Médio. A curva que descreve o menor tempo entre dois pontos, ou seja, uma braquistócrona, encontra como resultado a equação geral de uma cicloide. Apesar de o problema apresentado ser matematicamente complexo aos alunos, ele é convincente quando aliado ao resultado na prática.

Como o objetivo desse guia é oferecer estratégias didáticas para o professor de Física do Ensino Médio, iremos tratar da geometria da curva braquistócrona, associando-a a uma

aproximação de planos inclinados, um em cada ponto da curva com inclinação diferente, que varia gradativamente.

O perfil da ciclóide descrito pela letra b dos perfis das rampas está representado na figura 11 a seguir:

Figura 11 - Perfil de uma ciclóide obtida pela rotação sem deslizamento de um aro.



Fonte: Batista; Freire; Moreira (2006)

Outro fator legal da ciclóide é que se trata de uma isócrona, também chamada pelo sinônimo tautócrona (do latim, mesmo tempo). Ou seja, assim como um pêndulo, o tempo decorrido entre o início do movimento, quando abandonado, até passar pelo ponto mais baixo da trajetória é o mesmo.

Aplicação das estratégias

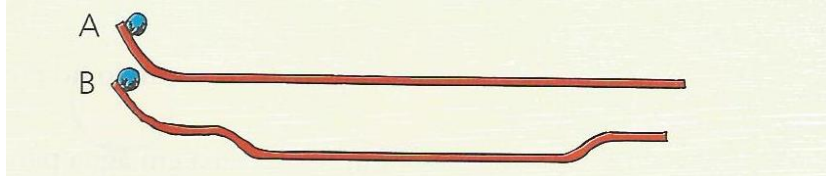
A1) Apresentação dos termos e conceitos básicos:

- Problematização inicial:

- Inicialmente, os alunos serão desafiados pela seguinte questão conceitual.

Q7 - Braquistócrona

Duas bolas são liberadas simultaneamente a partir do repouso, da extremidade esquerda dos trilhos A e B, de mesmo comprimento, mostrados na figura. Qual bola alcança primeiro o final de seu trilho?



Fonte: Hewitt (2015, p.56)

- Após a discussão e a resolução, deve se chegar à conclusão que o caminho mais curto nem sempre é o caminho que gasta menos tempo.

- Introdução ao tema: termos e conceitos básicos e essenciais:
 - Defina a palavra braquistócrona, junto com os alunos.
 - Explique o conceito de isócrona (tautócrona) aplicado ao pêndulo.

A2) Solicitação de pesquisas sobre o tema:

- As palavras-chave para a pesquisa em casa:
 - Pesquisar as experiências realizadas por Galileu no plano inclinado.

B1) Observação e eventual mediação do experimento por parte do professor:

- N/A: Não se aplica ao exemplo, pois só é possível com observações *in loco*.

C1) Levantamento das impressões dos alunos sobre o(s) experimento(s) do Circo da Física:

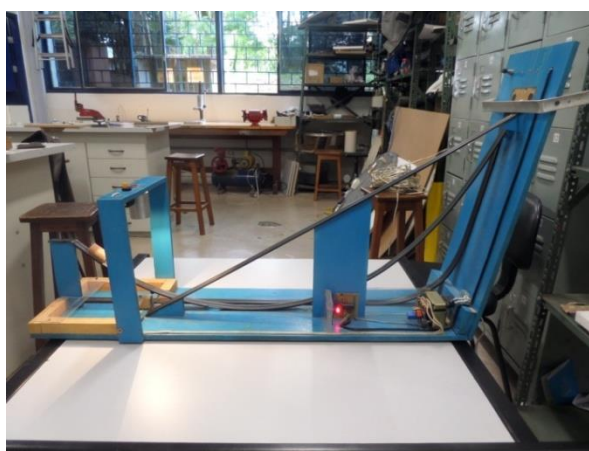
- N/A: Não se aplica ao exemplo, pois só é possível perante os alunos.

C2) Apresentação dos conceitos, leis e princípios relacionados ao tema, em conexão com o experimento:

A Física envolvida no experimento Braquistócrona

A braquistócrona é, por definição, a trajetória que gasta menos tempo entre dois pontos. No experimento realizado no Circo da Física, alguns foram surpreendidos quando uma esfera ao percorrer uma cicloíde chegou à frente das outras.

Figura 12 - Experimento Braquistócrona (perfil) na sala do Circo da Física



Fonte: Dados da pesquisa

Aí podemos ter três tipos de alunos com percepções distintas:

- Uns alunos acreditavam que todas chegariam juntas devido a conservação de energia. Esses alunos confundiram os conceitos. Quando o sistema é conservativo, a velocidade a qual elas cruzam a linha de chegada é a mesma, nada se pode afirmar sobre o tempo.
- Alguns acreditaram que na possibilidade da esfera do plano inclinado chegar primeiro, por ser o caminho mais curto. O caminho é o mais curto, mas como a esfera não adquire uma velocidade considerável por não estar acelerando tanto, ela fica para trás.
- A outra possibilidade foi a hipérbole. Ela tem o percurso mais longo entre as três rampas. A esfera nessa rampa inicialmente sai na frente, pois acelera muito. Porém, ao longo da segunda parte do percurso, que é longo, ela mantém a velocidade quase constante e é ultrapassada pela esfera da cicloide no último trecho.

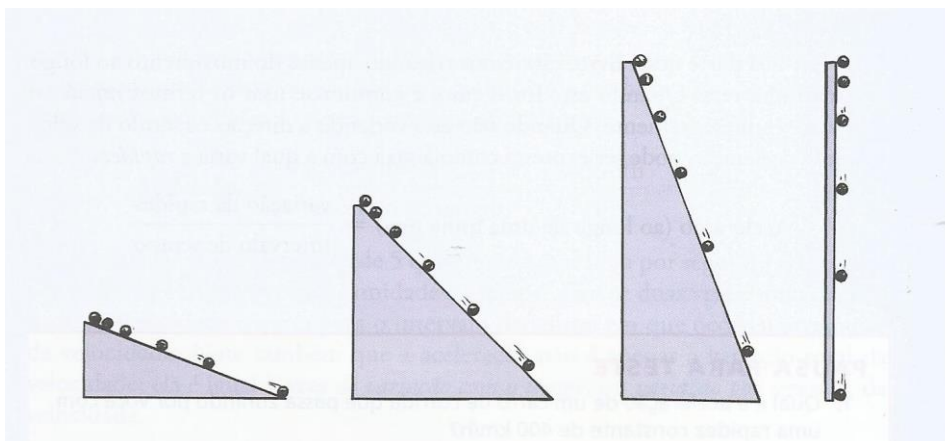
Ou seja, a cicloide é uma braquistócrona, pois consegue realizar o percurso em menor tempo. Ela concilia boa aceleração no início, trajeto mediano e permanência em movimento acelerado durante todo tempo.

Sabe-se que em um plano inclinado sem atrito, um corpo desce em movimento acelerado. Quanto maior for o a inclinação do plano, maior será a aceleração, definida por:

$$a = g \cdot \sin \theta$$

A ilustração seguinte (Figura 13) mostra esse princípio claramente:

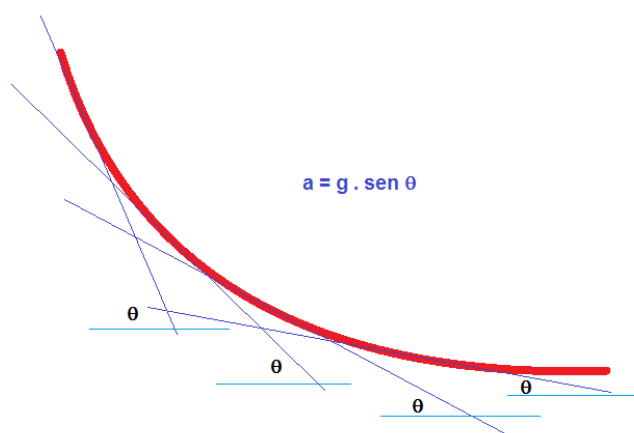
Figura 13 - O corpo adquire maior aceleração quanto maior for a inclinação do plano



Fonte: Hewitt (2015, p.46)

Fazendo uma analogia a isso, é como se a cicloide fosse um plano inclinado a cada instante, conforme a figura 14:

Figura 14 - Retas tangentes a ciclóide demonstrando a inclinação θ de cada ponto



Fonte: Elaborado pelo próprio autor

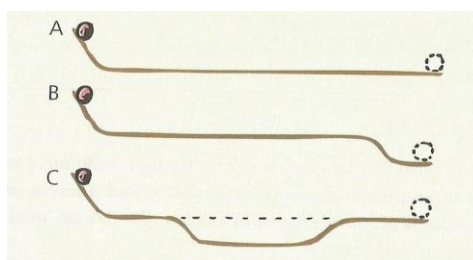
Com isso, a ciclóide consegue aliar um pouco de cada fator que determina um menor tempo da trajetória de uma esfera entre dois pontos desnivelados.

Outro aspecto interessante é a ciclóide ser isócrona. Ou seja, uma esfera abandonada do ponto mais alto chega ao centro da ciclóide ao mesmo tempo de outra esfera abandonada em um ponto mais baixo. Isso se deve também a inclinação gradativa demonstrada na figura 14. A que sai do ponto mais alto, portanto mais longe, está submetida a uma aceleração maior, o que compensa a proximidade da outra que está submetida a uma aceleração menor.

C3) Proposição de questões:

Q8 - Braquistócrona

Três esferas idênticas estão dispostas em rampas conforme a figura:



Coloque, em ordem crescente, o tempo gasto para elas atingirem o final da trajetória. Justifique sua resposta.

Fonte: Hewitt (2015, p.54)

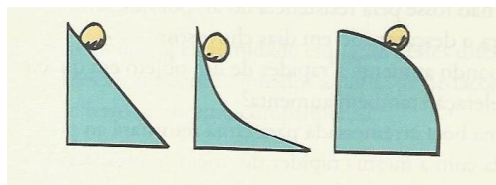
Q9 - Braquistócrona

Dois skatistas estão descendo por curvas radicais, um desce por um plano inclinado e outro por uma curva. Supondo que os dois skatistas tenham o mesmo peso e que, sob o efeito gravitacional, os dois partem simultaneamente do ponto superior A até um ponto inferior B. Qual deles atingirá o ponto B primeiro?

Fonte: Bustillos; Sassine (2011 apud VIEIRA; ROSA; FREITAS, 2016)

Q10 - Braquistócrona

Esferas idênticas estão em repouso, inicialmente, nas seguintes rampas:



Responda e justifique:

- Como se comporta (constante, crescente ou decrescente) a velocidade das esferas em cada rampa?
- Como se comporta (constante, crescente ou decrescente) a aceleração das esferas em cada rampa?
- Qual esfera atinge o solo primeiro?

Fonte: Hewitt (2015, p.578 - adaptada)

C4) Investigação de aplicações do tema:

- Os alunos devem pesquisar informações sobre construções de montanhas-russas e pistas de skate do tipo *half pipe* para saber se o conhecimento sobre braquistócrona é levado em consideração nesses projetos.

3.3 Martelo de Thor

Funcionamento do Experimento

O experimento Martelo de Thor faz uma alusão ao mais popular deus e herói da mitologia nórdica. Filho do deus Odin, o personagem mitológico Thor tem em sua posse o poder de uma arma indestrutível: Mjölner, um martelo mágico de cabo curto. Erguer o martelo é façanha somente para os dignos, tanto é que somente sete personagens até hoje conseguiram tal feito. A parte física desse experimento está ligada ao funcionamento dos eletroímãs. Inicialmente, o martelo de aço se encontra encaixado numa estrutura que reproduz o formato de uma rocha, em cima de uma pequena mesa. Lá dentro da estrutura, na parte inferior, tem-se uma bobina de cobre e um núcleo ferroso. Apesar de um pouco pesado, é possível erguer o martelo e tirá-lo da estrutura normalmente. Porém, quando o mediador utilizar evoca o mito de que só os dignos podem erguer o martelo, assim como Thor, ele utiliza um controle remoto que envia um comando a uma placa responsável por ligar a corrente elétrica do um circuito da bobina. Assim, corrente elétrica, quando passa pelo fio condutor que envolve a bobina, cria um campo magnético na parte interna da bobina. Esse campo magnético gera no núcleo ferroso um poder de imantação, que prende o martelo de aço, dificultando consideravelmente sua retirada. Desligando a corrente elétrica que passa pela bobina, após alguns instantes devido à histerese, o núcleo ferroso deixa de atrair o martelo e ele pode ser novamente retirado da estrutura.

Figura 15 - Martelo de aço e uma pedra cenográfica na mesa que esconde a bobina e os fios



Fonte: Dados da pesquisa

No caso do Martelo de Thor, do ponto de vista de complexidade dos conceitos físicos é relativamente simples. A aplicação cotidiana de seu princípio também é bem comum, normalmente presente em portões com trava magnética, campainhas e eletroímãs de ferros velhos. Mas, mesmo assim, a lenda por trás do experimento e a cenografia envolvida fazem com que esse experimento seja um dos mais concorridos pelos alunos. Isso se deve ao apelo emocional criado em torno do desafio de levantar o martelo. Alguns fãs de super-heróis ficam maravilhados com cena criada em torno do personagem Thor.

Vários alunos tentam puxar o martelo, mas por estar magnetizado ao núcleo ferroso no interior na bobina, ele não se movimento. Após o mediador revelar como o experimento Martelo de Thor funciona, os estudantes investigam o equipamento. Agacham-se, olham por dentro cavidade a qual o martelo fica encaixado, até perceberem a bobina e compreender o funcionamento.

Aplicação das estratégias

A1) Apresentação dos termos e conceitos básicos:

- Problematização inicial: algumas questões para fomentar o assunto.
 - O que são imã?
 - Todos os imãs são naturais?
 - É possível obter um equipamento que apresente magnetismo somente quando o usuário desejar?
- Introdução ao tema: termos e conceitos básicos e essenciais - aula introdutória.
 - Magnetismo.
 - Campo magnético.

A2) Solicitação de pesquisas sobre o tema:

- As palavras-chave para a pesquisa em casa: pesquisar o que são e buscar imagens para reconhecer cada um.
 - Espiras
 - Bobinas.
 - Solenóides.

B1) Observação e eventual mediação do experimento por parte do professor:

- N/A: Não se aplica ao exemplo, pois só é possível com observações *in loco*.

C1) Levantamento das impressões dos alunos sobre o(s) experimento(s) do Circo da Física:

- N/A: Não se aplica ao exemplo, pois só é possível perante os alunos.

C2) Apresentação dos conceitos, leis e princípios relacionados ao tema, em conexão com o experimento:

A Física envolvida no Martelo de Thor

O campo magnético se manifesta através de imãs, pelo magnetismo do planeta Terra e por correntes elétricas que criam um campo em seu entorno. Quando um fio é percorrido por um condutor, a corrente elétrica cria um campo magnético em torno do fio. Quando o fio forma uma espira e a corrente elétrica passa por ele, o campo magnético gerado por ela é medido pela seguinte fórmula:

$$B = \frac{\mu_0 i}{2R}$$

Nessa fórmula B é o campo magnético, μ_0 é a permeabilidade magnética, i é a corrente elétrica e R é o raio da espira.

A bobina é um conjunto de espiras. Desta forma, para calcular o campo magnético gerado no interior dela devido a passagem de uma corrente é o valor do campo em uma espira multiplicado pela quantidade de espiras da bobina.

Figura 16 - Vista lateral (esq.) da bobina do martelo de Thor e vista superior (dir.) da bobina



Fonte: Dados da pesquisa

Nota-se que a bobina utilizada no experimento (Figura 16) tem núcleo ferroso, o que aumenta significativamente o poder de imantação do conjunto. Isso se deve ao aumento da permeabilidade magnética ao substituir o ar por aço no interior da bobina. Dessa forma, temos um poderoso eletroímã.

O material do Martelo de Thor do experimento é o aço, o que facilita sua imantação quando ele está próximo a um campo magnético. Então, quando o mediador do Circo da Física liga o circuito pelo controle remoto, a força magnética é tão forte que fica praticamente impossível remover o martelo da estrutura.

Figura 17 - Um aluno na tentativa de erguer o martelo de Thor



Fonte: Dados da pesquisa

Quando a corrente elétrica é interrompida, o campo magnético da bobina deixa de existir, mas o núcleo ferroso e o martelo apresentam uma insistência ao magnetismo, ao que se denomina como histerese.

C3) Proposição de questões:

Q11 - Martelo de Thor

Em alguns ferros-velhos de grande porte, é comum a utilização de enormes eletroímãs para erguer grandes quantidades de metais e abandoná-los em outro local.

- a) Por que de nada adiantaria utilizar imãs em vez de eletroímãs?
- b) Que modificações poderiam ser feitas no eletroímã utilizado em certo ferro-velho para aumentar sua capacidade de levantamento de peso?

Fonte: Kantor et al. (2010, p.134)

Q12 - Martelo de Thor

Por que a presença de um pedaço de ferro dentro de uma espira que conduz uma corrente aumenta a intensidade do campo magnético?

Fonte: Hewitt (2015, p.466)

Q13 - Martelo de Thor

Um guindaste eletromagnético de um ferro-velho é capaz de levantar toneladas de sucata, dependendo da intensidade da indução em seu eletroímã. O eletroímã é um dispositivo que utiliza corrente elétrica para gerar um campo magnético, sendo geralmente construído enrolando-se um fio condutor ao redor de um núcleo de material ferromagnético (ferro, aço, níquel, cobalto).

Para aumentar a capacidade de carga do guindaste, qual característica do eletroímã pode ser reduzida?

- a) Diâmetro do fio condutor.
- b) Distância entre as espiras.
- c) Densidade linear de espiras.
- d) Corrente que circula pelo fio.
- e) Permeabilidade relativa do núcleo.

Fonte: INEP/ENEM (2017)

C4) Investigação de aplicações do tema: solicitar a pesquisa de alguns itens relacionados aos eletroímãs e propor a construção de um pequeno eletroímã.

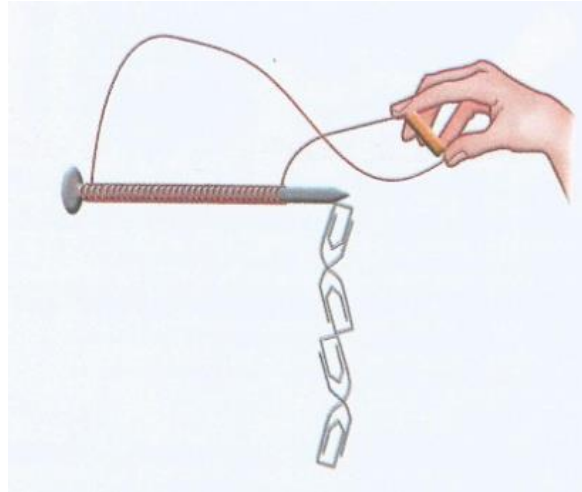
- Funcionamento dos seguintes equipamentos:

- Travas magnéticas de portas (banco e condomínios).
- Eletroímã de ferro velho.
- Separação magnética de resíduos sólidos.
- Solenóides e indutores.
- Campainhas (alguns modelos).
- Fabricação de imãs.

- Construção de um eletroímã.

- Materiais: prego, 40 cm de fio condutor, alguns cliques e pilha ou bateria.

Figura 18 - Ilustração da montagem do eletroímã.



Fonte: KANTOR *et al.* (2010, p.125)

- Enrole o fio no prego, conforme a figura 18. Dê várias voltas com pouco espaçamento entre as espiras.
- Ligue a pilha ao fio condutor e com a ponta do prego, imante os cliques.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M.A.; FERREIRA FILHO, L.G. Uma abordagem geométrica ao problema da braquistócrona. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 37, n. 2, p.2309 1-6, jun 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172015000200010&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 13 jun. 2019.
- BATISTA, G.S.; FREIRE, C; MOREIRA, J.E. Experiências com a braquistócrona. **Revista FnE - Física na Escola**, [S l.], v. 7, n.2, p. 58-60, out, 2006. Disponível em: <http://www.encurtador.com.br/cnzD2>. Acesso em: 13 jun 2019.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Exame Nacional do Ensino Médio 2014**: prova de Ciências da Natureza e suas tecnologias: Brasília: INEP, 2014. [1º dia, Caderno 1 azul]. Disponível em: <http://www.encurtador.com.br/gxEW2>. Acesso em: 15 jun 2019.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Exame Nacional do Ensino Médio 2017 (Libras)**: prova de Ciências da Natureza e suas tecnologias: Brasília, DF: INEP, 2017. [2º dia, Caderno 2 - verde]. Disponível em: <http://www.encurtador.com.br/kMPQU>. Acesso em: 15 jun 2019.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Física 3**. 5. ed. v. 3. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
- HEWITT, P.G. **Física Conceitual**. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- KANTOR, C.A. *et al.* **Quanta física**. São Paulo: Editora PD, 2010. v.1, 2 e 3.
- LUZ, A.M.R.; ÁLVARES, B.A.; GUIMARÃES, C.C. **Física: contextos e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Scipione, 2016. v.1, 2 e 3.
- MARANDINO, M. *et al.* **Educação em museus**: a mediação em foco. São Paulo: FEUSP, 2008.
- MARANDINO, M. Transposição ou recontextualização? Sobre a produção de saberes na educação em museus de ciências. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, n. 26, maio-ago, 2004. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=27502608>. Acesso em: 26 jan 2019.
- MOREIRA, M.A. **Grandes desafios para o ensino da Física na educação contemporânea**. 2013. Conferência proferida na XI Conferência Interamericana sobre Enseñanza de la Física, Guayaquil, Equador, 2013.
- REZENDE, F.; OSTERMANN, F. A prática do professor e a pesquisa em ensino de física: novos elementos para repensar essa relação. **Caderno Brasileiro de Ensino Física**, Florianópolis, v. 22, n. 3, p. 316-337, dez. 2005.
- SCHÖN, D.A. **Educando o Profissional Reflexivo**: um novo design para o ensino e a aprendizagem. Tradução de Roberto Cataldo Costa. Porto Alegre: Artmed, 2000.

VIEIRA, C.G.; ROSA, R.J.G.; FREITAS, W.D. O problema da Braquistócrona: uma proposta para o ensino. **Abakós**, Belo Horizonte, v.4, n.2, p. 94-104, maio, 2016.

VYGOTSKI, L.S. **A formação social da mente**. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

VYGOTSKI, L.S. **Construção do Pensamento e da Linguagem** (obra completa). São Paulo: Martins Fontes, 2001.

WAGENSBERG, J. L. A favor del conocimiento científico (Los nuevos museos). **Revista Valenciana d'Estudis Autonòmics**, n. 23, segundo trimestre, p. 295-309, 1998.