

MARCO AURÉLIO ALVARENGA MONTEIRO

**Um estudo sobre as contribuições para o processo de ensino e de aprendizagem de
conceitos de física a partir de experimentos controlados remotamente**

Marco Aurélio Alvarenga Monteiro

**Um estudo sobre as contribuições para o processo de ensino e de aprendizagem de
conceitos de física a partir de experimentos controlados remotamente**

Tese apresentada à Faculdade de
Engenharia do Campus de Guaratinguetá,
Universidade Estadual Paulista, para
obtenção do título de Livre-Docente em
Didática e Metodologia e Prática de
Ensino de Física.

Guaratinguetá - SP
2017

M775e

Monteiro, Marco Aurélio Alvarenga

Um Estudo sobre as contribuições para o processo de ensino e de aprendizagem de conceitos de física a partir de experimentos controlados remotamente. / Marco Aurélio Alvarenga Monteiro – Guaratinguetá, 2017.

115 f.: il.

Bibliografia: f. 110-115

Tese (Livre-Docência) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2017.

1. Laboratórios de física. 2. Ensino médio. 3. Aprendizagem.
4. Física (Ensino médio) I. Título

CDU 53:371.3

MARCO AURÉLIO ALVARENGA MONTEIRO

ESTA TESE FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
“LIVRE-DOCENTE EM Didática e Metodologia e Prática de Ensino de Física

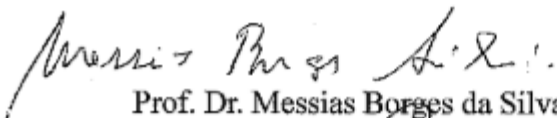
DEPARTAMENTO DE FÍSICA E QUÍMICA

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELA BANCA EXAMINADORA

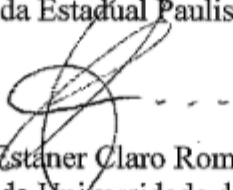
BANCA EXAMINADORA:



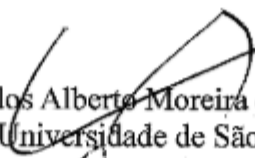
Prof. Dr. Álvaro de Sousa Dutra
Professor Titular da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho



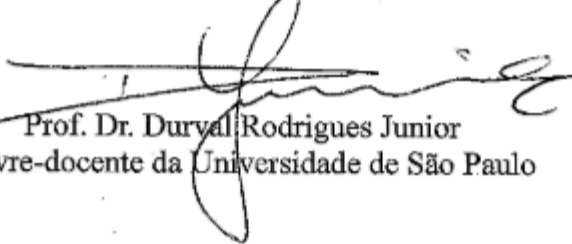
Prof. Dr. Messias Borges da Silva
Professor Livre-docente da Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho



Prof. Dr. Estêner Claro Romão
Professor Livre-docente da Universidade de São Paulo



Prof. Dr. Carlos Alberto Moreira dos Santos
Professor Livre-docente da Universidade de São Paulo



Prof. Dr. Duryal Rodrigues Junior
Professor Livre-docente da Universidade de São Paulo

Dezembro de 2017

RESUMO

Neste trabalho nosso objetivo foi o de estudar as possíveis contribuições para o ensino de conceitos científicos de um laboratório de Física que disponibiliza experimentos controlados remotamente. A intenção foi compreender como a experimentação controlada remotamente pode constituir-se em uma ferramenta útil a professores e alunos que não dispõem de infraestrutura adequada e necessária para à realização de experimentos em aulas de Física no Ensino Médio. A partir dessa perspectiva, concebemos e construímos experimentos que reproduzem fenômenos naturais e possibilitam a coleta de dados reais a partir de um dispositivo conectado à *internet*, sem perder de vista às idiosincrasias de alunos do Ensino Médio que iniciam seus estudos em Física. Dessa forma, os experimentos foram concebidos e construídos para permitir aos estudantes a livre manipulação dos aparatos experimentais, evitando a existência de “caixas-pretas”, tornando possível a observação de todo efeito ocorrido em função de uma ação efetiva do estudante. Buscamos estudar, também, a melhor maneira de se utilizar tal recurso do ponto de vista didático, considerando para isso não apenas a consulta da vasta publicação na área sobre o uso do laboratório e das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) no Ensino de Física, mas também a opinião de professores de Física do Ensino Médio. Os resultados apontaram para a facilitação do trabalho do professor em realizar atividades experimentais em sala de aula, a melhoria da compreensão de conceitos científicos por parte dos alunos, a ampliação das possibilidades de interação social em sala de aula, considerando o debate sobre os resultados experimentais obtidos e os modelos explicativos do fenômeno observado, além, ainda de maior protagonismo dos alunos no processo de ensino e de aprendizagem.

PALAVRAS-CHAVE: Laboratórios controlados remotamente. TICs no ensino de física. Ensino de física.

ABSTRACT

This work aimed to study the process of building a laboratory with remotely controlled experiments aimed at the teaching of Physics at the Middle level and investigate the impact of this resource on the teaching and learning process of scientific concepts. The intention was to understand how the experimentation can remotely be a useful tool for teachers and students who do not have adequate and necessary infrastructures to perform experiments in Physics classes in High School. From this perspective, we studied techniques that could be used to construct apparatuses that reproduce natural phenomena and enable the collection of real data online, attending to the idiosyncrasies of high school students who begin their studies in Physics. In this way, the experiments were constructed to allow the students to manipulate the experimental apparatus, through the computer connected to the internet, in a freely, avoiding the existence of "black boxes", making possible the observation of any effect occurred due to a Effective action of the student. We also sought to study the best way to use such a resource from the didactic point of view, considering for this, not only the consultation of the vast publication in the area on the use of the laboratory and information and communication technologies (ICT) in Teaching Physics, but also the opinion of teachers of Physics of High School. The results point to the facilitation of the teacher's work in carrying out experimental activities in the classroom, improving students' understanding of scientific concepts, increasing the possibilities of social interaction in the classroom, considering the debate about experimental results obtained and The explanatory models of the phenomena observed and the greater protagonism of the students in the process of teaching and learning.

KEYWORDS: Remotely controlled laboratories. ICT in teaching physics. Teaching physics.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Percentual de escolas públicas com itens de infraestrutura adequada por regiões do Brasil	13
Tabela 2 – Classificação dos valores de D- Cohen	73
Tabela 3 – Classificação dos valores de G-Gery	74
Tabela 4 – Categorias e subcategorias estabelecidas para análise das falas dos professores de Física	Erro! Indicador não definido.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema de um WebLab (MONTEIRO, <i>et.al.</i> 2013).....	28
Figura 2 – Esquema da proposta apresentada pelos professores sobre como dirigir a atividade experimental em sala de aula.....	50
Figura 3 – Experimento remoto sobre medidas indiretas	53
Figura 4 – Esquema do funcionamento do experimento remoto sobre medidas indiretas	54
Figura 5 – Materiais utilizados na construção do experimento presencial de medidas indiretas.....	56
Figura 6 – Experimento presencial de medidas indiretas	56
Figura 7 – Esquema de utilização do experimento presencial de medida indireta.....	57
Figura 8 – Esquema do experimento remoto sobre comportamento de raios de luz.....	Erro! Indicador não definido.
Figura 9 – Experimento remoto sobre comportamento de raios de luz.....	59
Figura 10 – Esquema sobre o fenômeno de refração da luz	60
Figura 11 – Esquema de refração da luz em lamínas de faces paralelas	61
Figura 12 – Esquema de refração da luz prismas	62
Figura 13 – Fenômeno de reflexão da luz (espelho plano).....	63
Figura 14 – Fenômeno de reflexão da luz (espelho côncavo)	Erro! Indicador não definido.
Figura 15 – Fenômeno de reflexão da luz (espelho convexo).....	65
Figura 16 – Lista de material para experimento presencial de raios de luz.....	Erro! Indicador não definido.
Figura 17 – Realização do experimento presencial de raios de luz.....	66
Figura 18 – Experimento remoto de circuitos elétricos (lâmpadas em série)	67
Figura 19 – Experimento remoto de circuitos elétricos (lâmpadas em paralelo).....	68
Figura 20 – Experimento remoto de circuitos elétricos (circuito misto).....	68
Figura 21 – Lista de material para a confecção do experimento presencial de circuito elétrico.....	69
Figura 22 – Experimento presencial de circuito elétrico	70
Figura 23 – Experimento presencial de circuito elétrico (ligação em série)	70
Figura 24 – Experimento presencial de circuito elétrico (ligação em paralelo).....	71
Figura 25 – Experimento presencial de circuito elétrico (ligação mista).....	71
Figura 26 – Modelo argumentativo de Toulmin.....	Erro! Indicador não definido.
Figura 27 – Gráficos sobre o desempenho dos alunos dos primeiros anos A e B das cinco escolas investigadas.....	80
Figura 28 – Gráficos do desempenho dos alunos dos segundos anos A e B das cinco escolas investigadas	82
Figura 29 – Gráficos do desempenho dos alunos dos terceiros anos A e B das cinco escolas investigadas	84

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Diferentes pesquisadores que estudam o conceito de professor pesquisador da própria pratica e suas respectivas nacionalidades	35
Quadro 2 – Síntese do diálogo triplo no processo de reflexão	38
Quadro 3 – Número de alunos das escolas investigadas	43

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	O USO DAS TIC(S) E DE LABORATÓRIOS CONTROLADOS REMOTAMENTE NO ENSINO DE FÍSICA.....	19
2.1	CONCEPÇÕES MODERNAS SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA, DO FAZER CIENTIFICO E DA EXPERIMENTAÇÃO NA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTIFICO.	21
2.2	CONTRIBUIÇÕES DAS TIC(S) PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE PRÁTICAS EXPERIMENTAIS EM AULAS DE FÍSICA.....	25
2.3	OS LABORATÓRIOS DE FÍSICA CONTROLADOS REMOTAMENTE	26
3	O PROFESSOR REFLEXIVO E O PROCESSO DE REFLEXÃO DOCENTE SOBRE SUA PRÁTICA PEDAGÓGICA.....	32
4	A PESQUISA	42
4.1	AS ETAPAS DA PESQUISA-AÇÃO IMPLEMENTADA COM E PELOS PROFESSORES.....	43
4.2	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DESENVOLVIDAS	52
4.3	METODOLOGIA DE ANÁLISE DOS DADOS.....	72
4.3.1	Tratamento estatístico dos dados quantitativos de pré e pós testes.....	72
4.3.2	Análise dos diálogos estabelecidos com os professores e destes com os alunos em sala de aula.....	74
4.3.3	Análise das falas dos professores durante as etapas da pesquisa-ação	76
5	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS.	79
5.1	ANÁLISE DOS DADOS QUANTITATIVOS DOS PRÉ E PÓS-TESTES REALIZADOS	80
5.2	ANÁLISE DAS FALAS DOS ALUNOS EM INTERAÇÃO SOCIAL DURANTE A PLENÁRIA.....	86
5.2.1	Análise das interações discursivas dos alunos que realizaram a atividade experimental controlada remotamente	87
5.2.2	Análise das interações discursivas dos alunos que realizaram a atividade experimental presencial	92
5.3	ANÁLISE DAS ENTREVISTAS REALIZADAS COM OS PROFESSORES ANTES E DEPOIS DAS ATIVIDADES REALIZADAS PELOS ALUNOS.....	96
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	105
	REFERENCIAS	110

1 INTRODUÇÃO

Como enfatiza Nardi (2004), se considerarmos o movimento de reformulação curricular ocorrido entre as décadas de 1950 e 1960 nos Estados Unidos da América e na Inglaterra como o início das primeiras pesquisas em Ensino de Ciências, chegaremos à constatação de que tal área de conhecimento está por completar sessenta anos.

De lá para cá, são inúmeros os estudos realizados que apontam a grande importância da atividade experimental no processo de ensino e de aprendizagem de conceitos científicos. Para Araújo e Abib (2003), a constatação dessa importância se tornou tão significativa que se formou um consenso entre os pesquisadores em Ensino de Ciências sobre as contribuições desse tipo de atividade em sala de aula. Muitos referenciais epistemológicos utilizados pelos pesquisadores em Ensino de Ciências permitem justificar a importância da experimentação.

Piaget (1975) destaca a importância das atividades desequilibrantes como fundamentais para que os alunos sejam levados a passar pelos processos cognitivos de equilíbrio, assimilação e acomodação. Nessa perspectiva, a realização de atividades experimentais seria vista como oportunidade para que os alunos possam manipular, explorar, rever e promover modificações de esquemas mentais já construídos.

Nessa mesma direção, Kamii e Devries (1991) enfatizam o papel das atividades denominadas por elas de conhecimento físico para o desenvolvimento do conhecimento lógico-matemático nas crianças. Assim sendo, para as autoras, um pensamento mais abstrato só se estabelecerá a partir de ações mentais que nasçam de atividades empíricas, ou seja, das características físicas observáveis da atividade realizada.

Para Vigotski (1991), essas atividades podem ser vistas como processos culturais, em torno das quais interações sociais são desencadeadas permitindo que os aprendizes possam interiorizar significados que são construídos no processo social interativo.

Oliveira (2010) afirma que no Brasil, nas últimas duas décadas, pesquisadores têm

debatido a questão das atividades experimentais no contexto do Ensino de Ciências. Para a autora, a conclusão desses debates é a de que a experimentação em sala de aula contribui para

- motivar e despertar a atenção dos alunos;
- desenvolver a capacidade de trabalhar em grupo;
- desenvolver a iniciativa pessoal e a tomada de decisão;
- estimular a criatividade;
- aprimorar a capacidade de observação e o registro de informações;
- aprender a analisar dados e a propor hipóteses para os fenômenos;
- aprender conceitos científicos;
- detectar e corrigir erros conceituais dos alunos;
- compreender a natureza da Ciência e o papel do cientista em uma investigação;
- compreender as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade; e
- aprimorar habilidades manipulativas.

Krasilchik (2005) chama a atenção para o fato de as atividades experimentais contribuírem também para desenvolver nos alunos a capacidade de compreender e resolver situações-problemas.

Capecchi, Carvalho e Silva (2002) evidenciam o papel da experimentação como meio para incentivar os alunos a construir explicações e argumentos, a partir do estabelecimento da relação de causa e efeito, que justifique os resultados obtidos e da ocorrência de interações sociais com o professor e com os colegas em sala de aula.

Portanto, mais de meio século de pesquisa constatou que a experimentação constitui-se num recurso didático pedagógico rico em possibilidades que, se bem explorado pelo professor em sala de aula, possibilita o desenvolvimento de habilidades e competências conceituais, atitudinais e procedimentais.

Mas não são apenas os pesquisadores em Ensino de Ciências que aprovam o uso de

atividades experimentais nas aulas de Ciências. Professores e alunos também concordam sobre a eficácia desse tipo de recurso didático. Gonzales *et.al.* (2015) afirmam que é comum o relato de alunos que se referem ao caráter lúdico e estimulante da experimentação e a professores que ressaltam as contribuições desse tipo de atividade para o aumento da capacidade de aprendizagem.

Outro aspecto importante a destacar sobre o uso da experimentação em sala de aula é o de caracterizar uma exigência da Lei de Diretrizes de Bases da Educação Nacional (LDB), Lei nº 9.394/96. As Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (DCNEM) têm por meta estabelecer orientações de como se atender aos objetivos educacionais previstos na LDB. Em seu Artigo 10º, definem, para a área do conhecimento Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, os seguintes objetivos:

(...)

- a) Compreender as ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolvem por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade.
- b) Entender e aplicar métodos e procedimentos próprios das ciências naturais.
- c) Identificar variáveis relevantes e selecionar os procedimentos necessários para a produção, análise e interpretação de resultados de processos ou experimentos científicos e tecnológicos.
- d) Compreender o caráter aleatório e não determinístico dos fenômenos naturais e sociais e utilizar instrumentos adequados para medidas, determinação de amostras e cálculo de probabilidades.
- e) Identificar, analisar e aplicar conhecimentos sobre valores de variáveis, representados em gráficos, diagramas ou expressões algébricas, realizando previsão de tendências, extrapolações e interpolações e interpretações.
- f) Analisar qualitativamente dados quantitativos representados gráfica ou algebricamente relacionados a contextos sócio-econômicos, científicos ou cotidianos
- g) Apropriar-se dos conhecimentos da física, da química e da biologia e aplicar esses conhecimentos para explicar o funcionamento do mundo natural, planejar, executar e avaliar ações de intervenção na realidade natural.
- h) Identificar, representar e utilizar o conhecimento geométrico para o aperfeiçoamento da leitura, da compreensão e da ação sobre a realidade.
- i) Entender a relação entre o desenvolvimento das ciências naturais e o desenvolvimento tecnológico e associar as diferentes tecnologias aos problemas que se propuseram e propõem solucionar.
- j) Entender o impacto das tecnologias associadas às ciências naturais na sua vida pessoal, nos processos de produção, no desenvolvimento do conhecimento e na vida social.
- l) Aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais na escola, no trabalho e em outros contextos relevantes para sua vida.
- m) Compreender conceitos, procedimentos e estratégias matemáticas e aplicá-las a situações diversas no contexto das ciências, da tecnologia e das atividades cotidianas.

(...) (BRASIL, 1998)

Diante dessas considerações seria natural concluir que a prática experimental nas escolas brasileiras seria uma estratégia largamente utilizada, pois conta com o respaldo dos resultados das pesquisas educacionais, a concordância dos principais atores educacionais, que são os alunos e professores, além de se constituir em exigência legal. Contudo, não é essa a realidade que se mostra no cotidiano das aulas de Ciências na grande maioria das escolas brasileiras.

Borges e Gomes (2005), Neves *et.al.* (2006), Lopes (2007), Ramos e Rosa (2008) e Pena e Ribeiro Filho (2009) listam diferentes obstáculos para que a atividade experimental não seja realizada nas escolas:

- a) inexistência de laboratório com infraestrutura adequada para a realização das atividades;
- b) descompasso entre a pequena carga horária semanal de aulas de Física e o vasto conteúdo a ser ministrado;
- c) grande número de alunos por turma;
- d) alta carga-horária dos docentes e a necessidade que têm de ministrar aulas em diferentes escolas (fato que os impede de planejar e preparar as aulas experimentais);
- e) falta de preparo didático-pedagógico dos professores para planejar e dirigir atividades experimentais em sala de aula.

Os dados do Censo Escolar de 2016 do Ministério da Educação demonstram a falta de infraestrutura das escolas para a realização da prática experimental (INEP, 2017): apenas em 11% das escolas brasileiras, incluindo as públicas e privadas, num universo de 190.706 estabelecimentos de ensino, possuem laboratório de Ciências. Se levarmos em conta apenas as escolas públicas, esse percentual cai para apenas 8,19%.

Como indicado na tabela 1, em comparação com outros itens de infraestrutura básica,

tais como água de rede pública ou filtrada, biblioteca, quadra poliesportiva, energia elétrica, esgoto sanitário de rede pública e *internet* banda larga, o laboratório de Ciências é o item com percentual mais baixo de presença nas escolas, enquanto que água de rede pública ou filtrada, energia elétrica e *internet* banda larga são os itens com maior percentual.

Para minimizar a falta de infraestrutura básica para a realização de atividades experimentais e aproveitar o recurso de *internet* de alta velocidade e computacional disponível na maioria absoluta das escolas, podem-se considerar os trabalhos de pesquisa em Ensino de Ciências que propõem o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) no ensino.

Tabela 1 – Percentual de escolas públicas com itens de infraestrutura adequada por regiões do Brasil

PERCENTUAL DAS ESCOLAS DA EDUCAÇÃO BÁSICA DA REDE PÚBLICA COM ITEM DE INFRAESTRUTURA ADEQUADA						
	Brasil	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste
Água de rede pública ou filtrada	92,11	71,07	95,57	99,47	87,60	97,22
Internet banda larga	40,73	17,06	23,31	64,34	63,60	65,40
Biblioteca	28,92	18,83	18,45	33,88	57,28	42,50
Energia Elétrica	94,60	76,30	95,52	99,77	99,90	98,46
Laboratório de Ciências	8,19	3,84	4,13	11,63	18,55	8,27
Quadra poliesportiva	28,63	14,65	13,06	46,65	49,97	43,89
Esgoto sanitário de rede pública	35,78	5,09	18,24	76,30	43,82	31,02

Fonte: INEP (2017).

Entre as múltiplas ferramentas oferecidas pelas TICs com aplicação para o ensino, as mais utilizadas são aquelas disponíveis por meio da *internet* e dos *softwares*.

Com relação à *internet*, Ciribeli e Paiva (2011) e Carlini e Tarcia (2010) destacam que os principais recursos utilizados são os seguintes:

- *chat*: ferramenta que permite o estabelecimento de uma conversação entre diferentes usuários, facilitando a comunicação, a troca de ideias, a socialização e o estudo em grupo;
- *email*: recurso relativo ao envio de mensagens, correspondências. Às mensagens podem-se anexar textos bem como outros documentos.
- mídias sociais: espaços virtuais por meio dos quais os usuários podem interagir apresentando pontos de vista em torno de uma questão proposta para discussão ou de forma livre, apresentando o que entenderem como necessário ser compartilhado. Nesse caso, pode ocorrer a exposição de diferentes opiniões ou a apresentação de sugestões e dicas que facilitem a compreensão ou a execução de algo, assim como a compartilhamento de experiências, etc. Existem diferentes tipos de mídias sociais, entre elas podemos citar os *blogs* e os *microblogs* (*Twitter*), as redes sociais, como o *Facebook*, os fóruns de discussão, bem como os sites de compartilhamento de conteúdo multimídia, como o *YouTube* e o *SlideShare*.

A respeito dos softwares, Jucá (2006) os divide em duas categorias: os aplicativos e os educacionais. Para o autor, os aplicativos podem ser definidos como aqueles que não foram desenvolvidos com objetivo educacional, mas que são muito utilizado para esse fim. Destacam-se nessa categoria aqueles voltados para criar banco de dados, editar textos, planilhas e gráficos. Com relação aos educacionais, o autor explica que são aqueles voltados especificamente ao processo de ensino e de aprendizagem, os quais podem ser utilizados com ou sem o auxílio do professor.

Medeiros e Medeiros (2002) explicam que, no ensino de Física, os *softwares* mais utilizados são aqueles que permitem a realização de medições, construções de gráficos, realização de avaliações e apresentações, animações de modelagens e simulações.

Jucá (2006) categoriza os softwares educativos em

- **tutoriais:** sistemas computacionais interativos que orientam usuários, a partir de textos, com ou sem auxílio de imagens e som, a compreender um determinado conceito, fenômeno ou funcionamento de algum mecanismo. O conteúdo conceitual é dividido didaticamente em partes e acessado por meio de ícones que, quando clicados, instrui os alunos sem a orientação direta de um instrutor ou professor, oferecendo um passo a passo que facilita o entendimento do estudante, dando suporte ao seu processo de aprendizagem, pela presença de questões que são propostas aos usuários a fim de verificar se houve compreensão do tópico. O autor explica que tal recurso tem a vantagem de auxiliar pessoas com dificuldade de aprendizagem, já que permite a repetição de lições quantas vezes forem necessárias. Contudo, alerta para o fato de a interatividade com os usuários, apesar de existir, ser baixa, pois há limitação relativa à interpretação, por parte do programa computacional, das reais dúvidas dos usuários;
- **exercícios ou práticas:** programas computacionais que desafiam os estudantes a resolver problemas ou exercícios relativos aos temas que são tratados em sala de aula. Idealmente, apresentam os problemas em ordem crescente de dificuldade e detectam erros, oferecem dicas de resolução aos usuários, além de apresentarem a solução detalhada da questão proposta;
- **demonstração:** *software* que, sem oferecer grande interatividade com o usuário, apresenta animações de fenômenos físicos com imagens, sons, cores e outros efeitos especiais, deduções matemáticas de leis físicas, equações algébricas e fórmulas químicas, utilizando-se de gráficos e/ou esquemas didáticos;
- **simulação:** programas que apresentam animações de modelagem de fenômenos reais. Permitem ao usuário levantar e testar hipóteses, já que possibilitam a alteração de parâmetros para se verificar os efeitos que tais mudanças trazem ao fenômeno estudado;

- jogo: programas que desafiam os usuários que previamente conhecem as regras a criarem estratégias que lhes permitam alcançar determinado objetivo. Por apresentar característica competitiva, o jogo torna o usuário protagonista da ação e o motiva a mergulhar nas questões conceituais propostas pela atividade. Pode possibilitar uma ação individual ou coletiva, nas quais o protagonismo é dividido com outro usuário;
- monitoramento: programas que tem por meta acompanhar o desenvolvimento do usuário em sua tarefa de aprender, orientando as ações, recomendando atividades, fornecendo explicações e propondo exercícios. Assemelham-se com os programas de exercício e prática, porém são mais amplos e completos.

Finalmente, outro recurso que tem se destacado ultimamente refere-se aos laboratórios controlados remotamente ou os *Weblabs*.

Para Ferreira (2004) e Bencomo (2004), um experimento remoto pode ser definido como sendo uma atividade realizada por uma ou mais pessoas que estejam juntas num mesmo local ainda que separadas, ou em locais distintos, e que acessam a *internet* para coletar dados experimentais reais. Para tanto, imagens do experimento, bem como todas as condições de controle e ajustes são obtidas mediante o uso de câmeras e de circuitos eletroeletrônicos.

Não se trata de simulação, há um aparato real montado num local diferente daquele onde se encontram os usuários com todos os recursos de interfaceamento e de comunicação que permitem a eles, se comunicarem entre si, acessarem e manipularem esse aparato de forma a obter dados e estabelecerem uma relação de causa e efeito.

De acordo com Johnston e Agarwal (1995), Garcia-Zubía (2004) e Sim (2016) um laboratório remoto caracteriza-se pelos seguintes aspectos necessários em sua estrutura:

- controle e monitoramento dos experimentos de forma remota.
- comunicações multimídia entre os usuários.
- Recursos, como caderno de notas digital, para que os usuários possam fazer

anotações, gráficos, tabelas, esquemas, etc., necessários a compreensão dos experimentos e dos dados que eles fornecem;

- formas de comunicação variadas: som, imagem, dados, resultado e estado dos experimentos;
- comunicação rápida, com o mínimo de *delay* possível, permitindo melhor qualidade de obtenção dos dados como imagens e vídeos;
- programa de gestão administrativa para lidar com senhas, tempo de conexão, segurança de acesso e afins.

Orduña *et al.* (2011) afirmam que os *weblabs* constituem ferramentas muito uteis ao processo de ensino e de aprendizagem em Ciências, pois oferecem oportunidades de realização de atividades experimentais em locais sem a necessidade de infraestrutura específica a qualquer horário e data, facilita o compartilhamento e a socialização de resultados, amplia a rede de colaboração de discussão dos dados e, em relação ao uso do laboratório tradicional tendo em vista o número de pessoas que podem ser beneficiadas mostram-se muito mais econômicos.(BISCHHOOF & ROHRING, 2001; LOPES, 2007; MONTEIRO *et al*, 2013).

Comparando os laboratórios remotos a outros recursos oportunizados pelas TICs, como as simulações, Nedic *et. al* (2003) enfatiza que os *weblabs* oferecem a vantagem de oportunizar aos estudantes maior liberdade de investigação, o que contribui para o desenvolvimento da autonomia e criatividade, tendo em vista que as simulações são meras idealizações e, portanto, não oferecem a oportunidade do erro que propicia uma maior discussão dos dados obtidos e maior consciência sobre limitação dos modelos científicos construídos para justificar os dados experimentais obtidos.

Monteiro *et.al* (2013) destacam que um *weblab* também deve possuir um LMS (*Learning Management System*), ou seja, um Sistema de Gerenciamento do Aprendizado

disponível aos usuários. Assim, é possível disponibilizar uma série de recursos que as TIC(s) oferecem, tanto em relação à internet quanto ao que os *softwares* possibilitam, como: *chats*, *e-mails*, mídias sociais, simulação, demonstração, tutoriais, exercícios ou práticas, jogo e monitoramento.

Neste trabalho, investigamos a implementação de três atividades experimentais controladas remotamente no contexto de escolas públicas que não dispunham de infraestrutura mínima para a realização de experimentos presenciais. Para a realização da pesquisa, guiamonos pelas indicações teóricas da pesquisa-ação, uma vez que cinco de Física da Educação Básica de cinco diferentes escolas públicas participaram da investigação na condição de pesquisadores colaborativos, estudando a própria prática docente no contexto da implementação de atividades experimentais controladas remotamente.

Organizamos esta tese da seguinte maneira: no segundo capítulo apresentamos um panorama sobre as pesquisas relacionadas à implementação e à utilização dos laboratórios controlados remotamente. No terceiro capítulo, discutimos as maneiras de se envolver o professor no processo reflexivo sobre sua prática em sala de aula com vistas a guiar o trabalho de pesquisa-ação dos docentes envolvidos nessa tarefa. A descrição metodológica da pesquisa realizada, por meio da qual se detalha a maneira como os dados foram coletados e analisados, é feita no quarto capítulo. A análise dos dados é apresentada no quinto capítulo. Por fim, as considerações finais são feitas no sexto e último capítulo.

2 O USO DAS TIC(S) E DE LABORATÓRIOS CONTROLADOS REMOTAMENTE NO ENSINO DE FÍSICA

O advento das máquinas a vapor no século XVIII e, o avanço da eletricidade, em meados do século XIX, produziram transformações significativas na sociedade da época. As chamadas primeira e segunda Revolução Industrial alteraram os meios de produção, substituindo a força de trabalho humano pela máquina, promovendo o crescimento das cidades e o êxodo rural, possibilitaram o desenvolvimento dos meios de transportes e dos meios de comunicação, abolindo distâncias e tempo (SANTOS e CARVALHO, 2009).

No final do século XX, a sociedade vivenciou a ocorrência da terceira Revolução Industrial, promovida a partir do desenvolvimento da internet, das novas tecnologias de informação e comunicação e do mundo digital. Atualmente, a partir do início do século XXI, estamos testemunhando os impactos de uma nova Revolução Industrial, a quarta, que tem se caracterizado pela interação entre o mundo real e o digital, revolucionando o consumo e a interação de informações, que coloca o ser humano cotidianamente em contato com robôs, impressão 3D, a internet das coisas, etc. (GUERRA, 2004).

Todo esse processo tem trazido, como consequência, mudanças significativas na maneira como as pessoas interagem entre si e buscam informações e conhecimento. A informação, que no passado ficava restrita a um determinado grupo de pessoas, com o advento da *internet*, passou a ser processada e espalhada pelo mundo todo de forma quase que instantânea. Essa revolução tem levado muitos estudiosos a conceituar nossa sociedade como sociedade da informação, ou sociedade do conhecimento, ou mesmo como sociedade da aprendizagem (CASTELLS, 2003; HARGREAVES, 2003; POZO, 2004).

Autores como Duarte (2003) e Hostins (2003) questionam tais denominações tendo em vista o fato de muitas pessoas ainda não disporem das chamadas Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) para terem acesso aos diferentes fluxos de informação gerados.

Destacam, ainda, que essa realidade é particularmente verdadeira quando nos referimos aos países subdesenvolvidos, onde há grandes injustiças sociais e, portanto, a ideia de sociedade do conhecimento configura-se numa ideologia de dominação dos países ricos sobre os mais pobres.

No Brasil, uma pesquisa realizada pelo IBGE em 2014 (BRASIL, 2016) aponta que mais da metade dos domicílios brasileiros (54,9%) passou a ter acesso à internet. Isso significa que cerca 30 milhões de casas ainda não dispõem de conexão à rede mundial de computadores.

Porém, outra pesquisa nos desperta a atenção: dados do Censo Escolar de 2016, realizado nas escolas brasileiras (INEP, 2017) evidenciam que 87% delas propiciam acesso à *internet*. Portanto, considerando a realidade de nosso país, cabe à escola brasileira o papel social de não apenas propiciar os meios de inclusão digital, democratizando a sociedade do conhecimento, como também o de criar as condições para formar cidadãos capazes de acessar tais informações, utilizando-as de maneira consciente, crítica e ética. Somente dessa forma, cada cidadão pode opor-se às forças de qualquer processo de dominação do pensamento que tente conduzir à homogeneização da função intelectual.

Assim, a incorporação de recursos tecnológicos de informação e comunicação nas escolas não deve, simplesmente, atender a fetiches que a internet ou qualquer outro recurso tecnológico acabam por exercer sobre os sujeitos. Como bem destaca Moretzsohn (2012), a fetichização da tecnologia pode levar os homens a se alienarem sobre as relações sociais que lhe dão origem e, nesse caso, ignorando as intenções mercadológicas dos interesses capitalistas, os sujeitos podem ser facilmente manipulados.

Se, de fato, os professores e as instituições de ensino “morderem essa isca”, conformarão a escola naquilo que Althusser (1987) denominou de Aparelho Ideológico do Estado. Por isso, professores não devem adotar a inovação em sala de aula por aderirem a um

certo modismo pedagógico que reflete a adoção de um determinada prática pedagógica sem refletir sobre sua real importância para o processo de ensino e de aprendizagem.

No caso das aulas de Ciências, a experimentação, comumente, é destacada por professores e alunos como o meio mais importante para se construir o conhecimento científico (MONTEIRO, SANTOS e TEIXEIRA, 2007).

Arruda e Laburú (1998) confirmam essa visão, afirmando que é senso comumente professores que a experimentação não somente tem a função e o poder de comprovar ou refutar determinada teoria científica como também é capaz de estabelecer a verdade sobre o que é dito sobre os fenômenos naturais.

Não seria, então, a experimentação e, conseqüentemente, a implementação do uso das TICs em sala de aula de escolas que não dispõem de infraestrutura necessária um caso de modismo pedagógico?

Vejamos o que as concepções modernas da Filosofia da Ciência têm mostrado sobre o papel da experimentação no estabelecimento do conhecimento científico.

2.1 CONCEPÇÕES MODERNAS SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA, DO FAZER CIENTIFICO E DA EXPERIMENTAÇÃO NA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTIFICO.

Para o filósofo da Ciência Popper (2013), a experimentação não tem condições de afirmar categoricamente se uma determinada teoria ou lei é verdadeira ou não, pois não se pode saber se, no futuro, haverá alguma evidência experimental a refutá-la. Contudo, ele afirma que a experimentação tem o papel de refutá-la, falseá-la. Por esse raciocínio, o epistemólogo defendia a ideia de que a experimentação constitui critério de falseabilidade, proporcionando aos cientistas a elaboração de novas hipóteses para melhor requintar uma teoria. Popper defendia, também, que a falseabilidade como critério para se caracterizar se

uma teoria era ou não científica. Ou seja, uma teoria só poderia ser considerada científica se pudesse ser falseável (POPPER, 2013).

Do ponto de vista didático e pedagógico, as ideias de Popper sugerem que a prática experimental em sala de aula não deve ser utilizada para provar aos alunos a veracidade dos conteúdos que se ensina, mas para se colocar em xeque concepções de senso comum que os alunos trazem de suas experiências cotidianas não escolares.

Na perspectiva do filósofo da Ciência Kuhn (2005), é preciso considerar dois períodos relativos ao fazer científico: o da Ciência Normal e da Ciência Extraordinária. No período de Ciência Normal, os cientistas resolvem seus problemas de pesquisa utilizando um determinado paradigma, ou seja, um modelo aceito pela comunidade científica como padrão a ser seguido pelos demais cientistas. Não há, interesse em refutar esse paradigma. A intenção dos cientistas é de aperfeiçoar o paradigma vigente. Já no período de Ciência Extraordinária, os cientistas se deparam com um paradigma que já não apresenta a mesma capacidade de resolver os problemas por acumular anomalias consideradas insuperáveis. Nesse sentido, busca-se substituir o antigo paradigma por outro mais frutífero, mais promissor do que o anterior em termos de oferecer condições de se avançar nas pesquisas que são realizadas. Há nesse período uma disputa entre teorias pelo *status* de paradigma.

Sob esse prisma, a experimentação não tem o poder de confirmar e nem mesmo de refutar uma teoria. Para Kuhn (2005), os resultados experimentais constituem evidências e mais um elemento dentre outros a contribuir para que o cientista consiga convencer a comunidade científica de que suas ideias e modelos, de fato, se mostram mais bem sucedidos em apresentar uma solução para o problema que se deseja superar. Assim, a condição de paradigma é conquistada quando o cientista consegue construir argumentos capazes de convencer a comunidade científica a adotar sua teoria.

Uma proposta de aplicação direta do ponto de vista de Kuhn para a sala de aula é a que

utiliza dois momentos distintos. O primeiro é aquele que visa conhecer as concepções espontâneas dos alunos sobre determinado fenômeno, ou seja, qual o senso comum dos estudantes sobre determinado tema que se quer discutir em sala de aula. Nesse momento, determinados experimentos podem ser selecionados pelo professor objetivando colocar em xeque as concepções dos alunos, devendo-se tornar evidentes para os estudantes as anomalias que suas concepções apresentam na tentativa de justificar determinados dados e solucionar determinados problemas.

Um segundo momento deve utilizar os resultados experimentais como atividade que mobiliza os alunos em torno da busca por construir e requintar explicações que justifiquem os dados obtidos, bem como argumentos que convençam seus pares de que sua explicação é a melhor entre as apresentadas. A intenção didática e pedagógica desse segundo momento é a de que os alunos percebam que a melhor explicação, já que se mostra mais promissora para enfrentar e resolver problemas, aquela considerada cientificamente correta.

Se para Kuhn (2005), a Ciência não tem critérios lógicos para avaliar a veracidade ou falseabilidade de uma teoria, para outro importante filósofo da Ciência, Lakatos (1979) esses critérios existem e a produção do conhecimento científico se estabelece por meio do desenvolvimento de programas de pesquisa.

Para Lakatos (1979) é critério lógico que cientistas trabalhem no desenvolvimento de um Programa de Pesquisa sem o objetivo de questionar se o paradigma vigente se mostra em condições de apontar soluções satisfatórias para os problemas que buscam superar. Assim, para esse autor, longe de refutar o paradigma vigente, o trabalho dos cientistas tende a criar “cinturões protetores” em torno dele, ou seja, os resultados de pesquisas geram teorias auxiliares que, além de proteger o núcleo duro do paradigma contra as possíveis anomalias, possibilitam aperfeiçoamentos teóricos que o tornam ainda mais promissores. Esse é o caso de Programas de Pesquisas que o autor chama de progressivos.

Em caso de Programas de Pesquisas regressivos, ou seja, se o paradigma vigente não se mostra mais promissor para estudar novos problemas, Lakatos (1979) continua achando critério lógico que se troque o paradigma vigente por outro mais frutífero. Para esse epistemólogo, o critério lógico para a troca de um paradigma por outro deve ser a capacidade de essa outra teoria, candidata a paradigma, explicar tudo que a que a anterior explicava e de se mostrar capaz de superar as anomalias insuperáveis para a concorrente.

Pela perspectiva de Lakatos (1979), a experimentação volta a ter um caráter falseador, não para negar o núcleo duro da teoria, mas para apontar o caráter promissor ou não de um paradigma dentro de um Programa de Pesquisa.

A partir das ideias de Lakatos (1979) é natural entender o ensino de Ciências como atividade de investigação em sala de aula, na qual o aluno tem a oportunidade de expor suas concepções, levantar e testar hipóteses, identificar a capacidade de suas ideias prévias em serem promissoras ou não e de adotar outros modelos mais frutíferos para solucionar problemas novos.

Diante do exposto, não é difícil concluir que, para qualquer uma das concepções epistemológicas estudadas, a experimentação tem papel importante no processo de ensino e de aprendizagem e que, dependendo da opção por determinada teoria relativa à natureza da Ciência e do fazer científico, um modelo de ensino diferente será adotado em sala de aula, havendo para a experimentação funções. Portanto, cabe ao professor ter clareza sobre suas concepções de Ciência, tendo em vista que elas definirão a maneira como os objetivos e o modo de ensinar Ciências serão estabelecidos em sala de aula.

Dessa forma, parece-nos importante que os professores realizem atividades experimentais em suas aulas e incorporem as TICs em suas práticas pedagógicas, sem, contudo, deixar de utilizá-las de maneira consciente, refletida e com objetivos educacionais muito bem definidos, sem perder de vista as contribuições desses recursos para a

aprendizagem de conceitos, mas, também, não se esquecendo de preparar o estudante para não se tornar um consumista passivo da tecnologia e suas mídias.

2.2 CONTRIBUIÇÕES DAS TIC(S) PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE PRÁTICAS EXPERIMENTAIS EM AULAS DE FÍSICA

Em convergência com nossa posição, Monereo e Pozzo (2001) enfatizam que as diferentes mídias à disposição da sociedade disponibilizam uma avalanche de informações todos os dias, facilitando fluxos de diferentes transações comerciais. Formar para o exercício cidadão ante essa realidade é proporcionar meios para que os estudantes possam ter capacidade de transformar essas informações em conhecimentos.

Segundo esses autores é necessário fazer com que os estudantes adquiram competências para a

- aquisição de dados;
- interpretação da informação;
- análise da informação;
- compreensão da informação;
- comunicação da informação.

Em relação ao ensino de Ciências, os pesquisadores, de forma geral, entendem que o uso das tecnologias pode contribuir auxiliando os estudantes a superar dificuldades de compreensão de conceitos científicos (NEVES e DUARTE, 2008; MORTIMER e SCOTT, 2002; MEDEIROS e MEDEIROS, 2002).

Do ponto de vista de Cavalcanti (2006), as TICs permitem que, nas aulas de Física se possa fazer uso das simulações computacionais. Para a autora, esse recurso é especialmente importante, pois permite a realização de experimentos que só são possíveis a partir de um laboratório bem-equipado. Para Fiolhais e Trindade (2003), as simulações também são úteis

para auxiliar os alunos a compreender modelos científicos, pois incorporam representações imagéticas contextualizadas numa situação experimental.

Tarouco *et al.* (2004) defendem o uso de jogos computacionais no ensino de Física, enfatizando que esse tipo de recurso, além de propiciar atividades de caráter lúdico, possibilita ações interdisciplinares caracterizadas a partir da proposição de situações-problemas.

Convergente com essas posições, Monteiro (2016) afirma que uso de plataformas *on-line* voltadas para o ensino de Física contendo diferentes recursos, como textos didáticos, textos de história da Ciência, simulações, vídeo-aulas, animações e exercícios resolvidos, podem ser eficazes para ajudar os alunos a superar dificuldades de aprendizagem de conceitos de Física e facilitar a implementação de aulas metodologicamente plurais.

Argumentando que, no contexto científico, a modelização é um procedimento fundamental, pois configura-se como a maneira pela qual os cientistas entendem o mundo, Brandão, Araújo e Veit (2008) acreditam que esse tipo de atividade deve ser trabalhada com os alunos em aulas de Física e, para isso sugerem o uso de *softwares* de modelização de fenômenos físicos.

Nessa direção, podemos destacar os *softwares* de vídeo-análise, que permitem a construção de gráficos mediante a coleta de dados feita por vídeo gravação de fenômenos físicos (BEICHNER, 1996).

Mais atualmente, Monteiro *et al.* (2013) sugerem o uso de laboratórios controlados remotamente, como recurso complementar às práticas experimentais em sala de aula.

2.3 OS LABORATÓRIOS DE FÍSICA CONTROLADOS REMOTAMENTE

De fato, a ideia relativa à implementação de laboratórios remotos é recente. Segundo Zumbia (2004), o primeiro passo nessa direção foi dado em 1984, com o surgimento do

conceito de instrumento virtual, que nada mais é do que um equipamento com suporte em um computador ou em uma estação de trabalho, equipado com *softwares* adequados que, a partir de uma programação computacional, realizam as mesmas funções de um equipamento tradicional.

Em 1992, apesar de o controle remoto do equipamento não ser efetivo, os dados de um microscópio eletrônico de alta voltagem foram transmitidos pela *internet*, a partir da interação entre o operador, junto ao microscópio, e o pesquisador remoto (CASSINI, 2003).

Segundo GOMEZ *et. al.* (2000), ainda em 1994, surgem os chamados laboratórios virtuais, que consistiam na disponibilização de *softwares* de simulação computacional.

Em 1995, é desenvolvido, de fato, o primeiro dispositivo controlado via *web*, pela *Oregon State University*: constituía-se num braço robótico que apresentava três graus de liberdade (AKTAN, 1996).

Como destaca Nedic *et.al.* (2003), laboratórios virtuais e remotos são diferentes. Enquanto o primeiro refere-se à medição ou à simulação de uma medição a partir de um software computacional, o laboratório remoto é um sistema estabelecido a partir de uma estrutura de *hardware* e *software* que coleta dados reais a distância, a partir da *internet*.

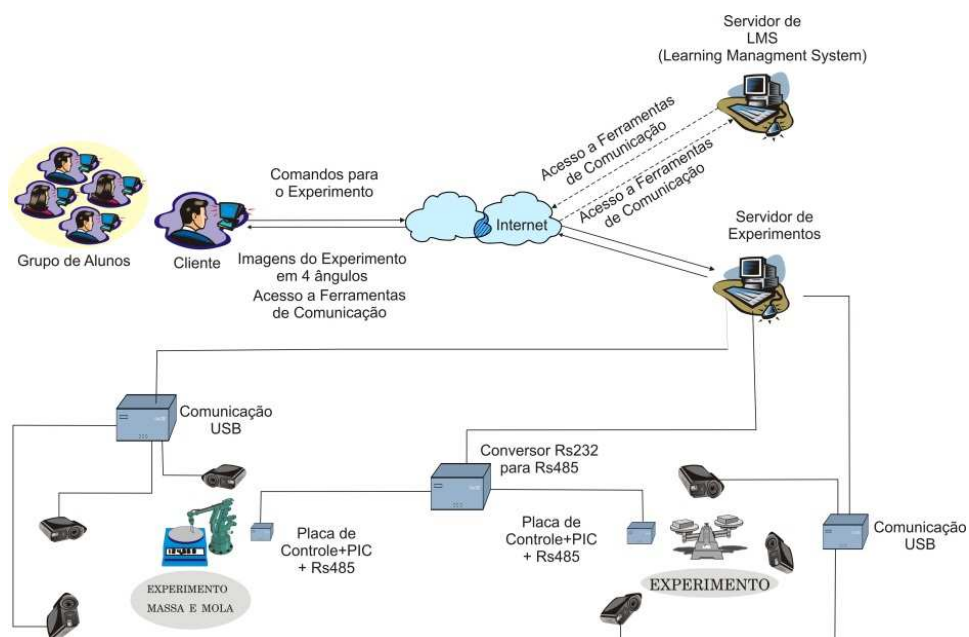
Portanto, um laboratório remoto permite a realização de experimentos reais, a partir de qualquer lugar, em qualquer horário, por meio de uma interface de controle remoto, possibilitando a um usuário com acesso à *internet* configurar um equipamento experimental e iniciar uma experiência, que poderá ser observada em tempo real na tela de um computador que recebe as imagens, captadas por câmeras locais (MONTEIRO, *et.al.* 2013).

Na figura 1, a seguir, mostramos que o usuário, ao acessar o laboratório remoto, pode, entre algumas opções, selecionar o experimento que deseja realizar. Ao ter acesso ao experimento desejado, o usuário pode, por meio de um sistema de interfaces e câmeras, não apenas visualizar o aparato experimental, mas também manipulá-lo a distância. Dessa forma,

pode visualizar todo o fenômeno e coletar os dados necessários à sua pesquisa. A plataforma do laboratório controlado remotamente não deve suportar apenas o experimento em si, mas precisa oferecer ao estudante e ao professor um Sistema de Gerenciamento de Aprendizagem (SGA) ou LMS (Learning Management System). Esse sistema deve disponibilizar aos usuários os seguintes suportes (MONTEIRO, *et. al.*, 2013):

- correio eletrônico;
- listas de discussão;
- salas de bate-papo (*chats*);
- sistemas de co-autoria;
- serviços de teleconferência.

Figura 1 – Esquema de um WebLab



Fonte: Monteiro, et.al. (2013)

Dessa maneira é possível oferecer aos usuários que desejam realizar atividades experimentais em aulas de Física não apenas o experimento em si, mas outros recursos como vídeo-aulas, animação e simulações computacionais, ferramenta para construção de gráficos,

editor de textos para realização de relatórios, entre outros.

São muitas as vantagens desse tipo de laboratório. Bischoof & Rohring (2001) chamam a atenção para o fato de os laboratórios remotos poderem ser compartilhados por diferentes instituições de ensino. Isso além de reduzir significativamente os custos de instalação e manutenção, possibilita interações ricas entre usuários de diferentes características sociais e culturais. Desse ponto de vista, é possível envolver, em atividades de coleta e análise de dados, discussão de hipóteses e argumentos e construção de modelos explicativos, alunos de diferentes escolas de diferentes regiões do país.

Gamboa e Fuller (2011) lembram que o *weblab* pode ser muito útil para experimentos que envolvem situações de perigo, como, por exemplo, o estudo de amostras radioativas ou a análise de substâncias químicas de grande toxicidade.

Além disso, Bencomo (2004) afirma que é mais fácil adaptar um laboratório remoto a estudantes com necessidades especiais do que os laboratórios presenciais. Alhalabi *et. al.* (2000) destacam o caráter móvel e ubíquo do processo de aprendizagem a partir do uso de laboratórios remotos, pois, como podem ser acessados por *smartphones*, *notebooks* e *tablets*, os experimentos oferecem a possibilidade de serem realizados em qualquer lugar e em qualquer horário, servindo, inclusive, como atividade extra de sala de aula, de campo, ou de ações educativas complementares para escola em regime de tempo integral.

Desse ponto de vista, mesmo durante aulas expositivas, atividades experimentais e de demonstração podem ser acessadas e realizadas em sala de aula sem a necessidade de agendamento do laboratório tradicional, facilitando abordagens experimentais em aulas tradicionalmente teóricas.

Destacamos, dessa forma, que os laboratórios remotos podem constituir um poderoso recurso não apenas para implementar aulas experimentais no Ensino Médio em escolas afastadas e/ou sem recursos, mas fundamentalmente para complementar atividades

experimentais reais, além de ser uma forma de aproximar a Universidade da escola de Educação Básica (HAMPEL, SELKE e VITT, 2005).

Rochadel, *et al.* (2012) evidenciam que nos laboratórios remotos, apesar de os experimentos estarem distantes fisicamente, o usuário, assim como numa situação presencial, tem boas condições de interação com eles; além disso, diferentemente dos experimentos virtuais, possibilita ao usuário a coleta de dados reais e não meramente idealizados. O autor ainda complementa dizendo que os laboratórios remotos estão sempre ativos, dispensando o trabalho de montagem, desmontagem e manutenção dos equipamentos, facilitando as condições de professores que não dispõem de tempo para as exigências estruturais e organizacionais de um laboratório presencial.

Corter *et al.* (2007) explicam que estudos realizados em larga escala apontam que as práticas experimentais realizadas por laboratórios remotos, virtuais e presenciais são equivalentes. Contudo, devido ao grande valor que professores e alunos atribuem a prática experimental presencial esse tipo de atividade é insubstituível. Nesse caso, os laboratórios remotos e virtuais aparecem como complementos e não como substituição à prática experimental presencial.

Como destaca Lopes (2007), a partir dos anos 2000, muitos artigos em revistas e também conferências têm descrito o desenvolvimento de laboratórios remotos; contudo, uma análise de alguns deles voltados especificamente ao ensino da física, evidencia que nenhum é concebido a partir de uma metodologia de ensino baseada numa teoria epistemológica. Portanto, não há dados ou parâmetros que atestem uma metodologia de ensino adequada aos alunos do Ensino Médio e em condições de ser incorporadas ao fazer pedagógico dos professores de Ensino Médio das escolas públicas.

A opinião de Lopes (*opus cit*) é corroborada por Cardoso & Takahashi (2011). Para esses pesquisadores, que fizeram um estudo detalhado a partir das principais revistas de

Ensino de Ciências sobre publicações relativas à experimentação remota no Brasil entre os anos de 2000 e 2009, a grande maioria dos laboratórios remotos estavam voltados às experimentações de engenharia, alguns poucos trabalhos tratavam sobre as Ciências naturais e nenhum estava voltado para o estudo da Física especificamente.

Nesse sentido, nosso trabalho tem um fundamento e uma importância bem definido: não apenas de desenvolver um laboratório de Física controlado remotamente, mas essencialmente estudar como esses recursos podem, de fato, contribuir numa sala de aula no Ensino Médio, como podem propiciar facilidades ao processo de ensino e de aprendizagem de conceitos científico para esse nível de ensino, além de entender a maneira como esse tipo de atividade pode ser incorporada à prática docente do professor de Física da escola pública.

Mas essa incorporação não deve limitar-se ao desenvolvimento de competências técnicas por parte do professor, tornando-o capaz de utilizar as TIC(s) em sala de aula. É fundamental que os docentes possam, além disso, compreender as múltiplas e variadas formas de encontrar soluções nas TIC(s) para dificuldades no processo de ensino e de aprendizagem (ALMEIDA e VALENTE, 2011).

No capítulo seguinte, trataremos sobre o processo de reflexão docente sobre sua própria prática com o intuito de empreender a melhor maneira de envolver o professor no processo de pesquisa-ação, a fim de planejar, dirigir e avaliar a utilização de um laboratório controlado remotamente em aulas de Física.

3 O PROFESSOR REFLEXIVO E O PROCESSO DE REFLEXÃO DOCENTE SOBRE SUA PRÁTICA PEDAGÓGICA

O caráter dinâmico da sociedade produz efeitos na maneira como as pessoas vivem, sustentam-se e exercem suas funções sociais. Assim sendo, profissões desaparecem, outras surgem, enquanto algumas precisam se transformar para continuar existindo. Segundo Pimenta (2000), a profissão docente é uma dessas funções sociais que, tal como a sociedade, assume um caráter dinâmico.

A autora explica que, em função das transformações da sociedade, novas demandas formativas para o exercício da cidadania se mostram necessárias. Para atendê-las, o professor necessita de uma identidade profissional diferenciada, com especificidades novas, que contribuam para o desenvolvimento de habilidades e competências próprias do educando, a fim de que tenham condições de se tornarem cidadãos capazes de enfrentar os desafios que venham a surgir.

Ante as transformações sociais que estamos vivendo na atualidade, que identidade docente se faz necessária?

A globalização da economia tem gerado grandes esforços de diferentes países para superar as grandes concorrências geradas pela competitividade em termos de produção e comércio.

Com o desenvolvimento científico e tecnológico, principalmente na robótica, que vem automatizando os processos de fabricação e diminuindo a necessidade mão de obra na indústria, nas telecomunicações e nos transportes, que tem contribuído para o desaparecimento das fronteiras comerciais, a competitividade por novos mercados beneficia as grandes economias, como a dos países desenvolvidos, e traz enorme dificuldade aos países subdesenvolvidos e/ou emergentes, como é o caso do Brasil (SANTOS, 2002).

Nesse sentido, a busca por aumento de produtividade a custos mais baixos, a

mecanização do campo e os investimentos na melhoria e no barateamento dos sistemas de transportes e comunicação tem gerado, cada vez mais, uma grande dependência dos países em relação ao desenvolvimento científico e tecnológico.

Os empregos, cada mais escassos, têm exigido profissionais cada vez mais bem preparados e especializados, fato que gera exclusão de uma quantidade grande de pessoas do mercado de trabalho e graves problemas sociais como desemprego, fome, miséria, violência, impactos ambientais, etc. (GUERRA e FANTINELLI, 2001).

Essa realidade impacta diretamente a escola, pois, como evidencia Carvalho (1997), a complexidade social tem exigido um ensino que prepare os cidadãos para

- compreender o papel da tecnologia, seus impactos na sociedade, no meio ambiente e consequentemente na vida das pessoas, sem perder de vista a dimensão humanista que utilize as tecnologias para beneficiar os seres humanos e não apenas o mercado;
- utilizar, de maneira competente, as diferentes tecnologias para, de modo criativo e crítico, ser capaz de transformar informação em conhecimento, inovando e melhorando os processos de produção;
- compreender seu papel ante as exigências sociais globalizadas que tendem a excluir seres humanos e a impactar negativamente o meio ambiente;
- conscientizar quanto à importância do educando assumir atitudes sócio responsáveis;
- entender que o processo de globalização gera a necessidade de convivência pacífica e tolerante com as diferenças e com o multiculturalismo e que, sem isso, o preconceito, o etnocentrismo e a falta de diálogo tendem a por em risco a vida democrática.

Esses desafios não são simples de serem enfrentados e superados, pois não se pode desconsiderar a necessidade de que o processo educacional deva ser inclusivo, ou seja, não deva estar voltado apenas para uma elite; contrariamente deve atender a todos sem distinção.

Como destaca Vila (2007), no Brasil não há mais dificuldade de acesso à escola.

Diferentes classes sociais do país tem acesso ao processo de escolarização. Contudo, o problema passou a ser a qualidade do ensino praticado. Se, por um lado, democratizamos o acesso à escola, de outra não fizemos o mesmo com a aprendizagem, pois o ensino praticado na maioria dos estabelecimentos escolares é restrito e não atinge a todos que desejam aprender.

A democratização do acesso desfez a homogeneidade que antigamente o corpo discente possuía e que permitia ao professor a adoção de uma única metodologia propedêutica de ensino. Atualmente, os alunos não apresentam mais as mesmas características em relação à cognição, à emoção e à cultura, por isso, recebendo o mesmo tipo de ensino, os alunos apresentam diferentes desempenhos, pois já não apresentam as mesmas facilidades e/ou dificuldades conjuntamente, desafiando o professor a encontrar meios que atendam a diferentes perfis de aprendizagens em sala de aula (ESTEVE, 2004).

Além disso, o desafio do ensinar na atualidade extrapola a dimensão intelectual e cognitiva relacionada aos saberes científicos. Segundo Pozo e Crespo (2009), é papel da escola não apenas o ensino de conteúdos conceituais, mas também um ensino voltado às dimensões procedimentais e atitudinais. Portanto, não basta ensinar o aluno sobre algo, mas também deve se preocupar com a sua conduta, seus valores, sua ética, bem como em dotá-lo de destrezas, habilidades que o tornem capazes de realizar algo.

Diante de tantos desafios, não há uma receita pronta e acabada de como ensinar bem. Não existe uma técnica, ciência ou arte específica que determine uma fórmula de se ensinar eficazmente.

A crença de que isso é possível ainda se mantém presente em muitos cursos de formação inicial de professores, em especial os da área de Ciências, sob a denominação de racionalidade técnica. Banet, (2007), Libâneo (2006), Lemke (2006) e Furió *et al.* (2001) definem-na como princípio de formação do docente baseado na ideia de que basta que um

indivíduo, além de dominar o conteúdo a ser ensinado, possua determinadas habilidades pedagógicas para ser considerado um professor eficaz. Por esse ponto de vista, o professor é visto como um técnico, um executor/reprodutor de saberes produzidos por especialistas.

Em contraposição à ideia da racionalidade técnica, Schön (1992) entende que o professor precisa resgatar a dimensão intelectual da profissão. Para ele, o docente necessita tornar-se um profissional capaz de refletir na e sobre a ação que realiza. A reflexão na ação propicia ao professor maior consciência sobre a maneira como sua prática tem sido conduzida em sala de aula, possibilitando oportunidades para se detectar os indícios das causas dos problemas que enfrenta e as pistas sobre perspectivas de mudanças. Já a reflexão sobre a ação permite o desenvolvimento de novas estratégias que buscam superar os problemas detectados (SCHÖN,1992).

Além de Schön (1992), outros autores, como Brzezinsk e Garrido (2006), também defendem o professor como pesquisador da própria prática pedagógica em contraposição ao docente cuja formação baseia-se no conceito da racionalidade técnica.

No quadro 1 a seguir, apresentamos alguns desses autores:

Quadro 1 – Diferentes pesquisadores que estudam o conceito de professor pesquisador da própria prática e suas respectivas nacionalidades

Nacionalidade	Pesquisadores
Inglaterra	Stenhouse e Elliott
Estados Unidos	Schulman, Zeichner, Colchran-Smith, Lytle, Fullan, PopKewitz e Giroux
Austrália	Carr, Kemmis e Baird
Espanha	Gimeno Sacristán, Gil Perez e Contreras
Portugal	Alarcão e Nóvoa
Brasil	Demo, Pimenta e Ghedin

Fonte: Brzezinsk e Garrido (2006)

Os pesquisadores relacionados consideram que a prática pedagógica do professor está intimamente relacionada à sua identidade profissional, esta, por sua vez ao processo educacional formal, remonta para além das experiências dos profissionais, pois considera também suas relações com o ensino na condição de aluno. Pimenta (2000) afirma que

Uma identidade profissional se constrói, pois, a partir da significação social da profissão; da revisão constante dos significados sociais da profissão; da revisão das tradições. Mas também da reafirmação de práticas consagradas culturalmente e que permanecem significativas. Práticas que resistem às inovações porque preches de saberes válidos às necessidades da realidade. Do confronto entre as teorias e as práticas, da análise sistemática das práticas à luz das teorias existentes, da construção de novas teorias. Constrói-se também pelo significado que cada professor, enquanto ator e autor confere à atividade docente no seu cotidiano a partir de seus valores, de seu modo de situar-se no mundo, de sua história de vida, de suas representações, de seus saberes, de suas angústias e anseios, do sentido que sua vida atribui ao ser professor. Assim como a partir de sua rede de relações com os outros professores nas escolas, nos sindicatos e em outros agrupamentos (PIMENTA, 2000, p. 19).

Portanto, ao refletir sobre sua ação, o professor não toma consciência apenas de com são suas aulas, mas também de si próprio enquanto professor

Para Ghedin

(...) conhecer a si mesmo é desvendar, na intimidade do real, a intimidade de nosso próprio ser, que cresce justamente porque a nossa ignorância vai se dissipando diante das perguntas e respostas construídas por nós, enquanto sujeitos entregues ao conhecimento, como dependência da compreensão de nosso ser no mundo. [...] Ao construirmos o conhecer de um dado objeto, não é somente ele que se torna conhecido, mas essencialmente o próprio sujeito, isto é, o conhecimento de algo é também, simultaneamente, um autoconhecimento (2005, p. 141).

Desse ponto de vista, o professor reflexivo coloca sob análise suas próprias concepções sobre o ensino, o ensino de Ciências, a aprendizagem, a aprendizagem de Ciências, o papel da experimentação no processo de ensino e de aprendizagem, assim como sobre alguns preconceitos, origem de determinadas resistências, etc.

Como destaca Monteiro (2006), a reflexão é uma necessidade básica do profissional intelectual,

Sufocar essa necessidade do professor é torná-lo alheio a si próprio, tendo em vista que sua função perde a significação. O professor não é um mero reproduzidor de ideias ou informações, para isso já existem múltiplos recursos tecnológicos mais adequados e eficientes. O professor é o profissional que deve ensinar a refletir sobre as informações que a toda hora nos chegam, possibilitando que possam ser transformadas em conhecimento. (2006, p.34.)

Para Alarcão (2003), a capacidade reflexiva no ser humano é inata, contudo, necessita de um contexto que a favoreça. No caso do professor, pode-se considerar a sobrecarga de trabalho, muitos docentes do Ensino Médio chegam a ter uma carga horária de 60 horas semanais e um trabalho burocrático intenso, portanto, nem sempre conseguem encontrar oportunidades nem meios que favoreçam a ocorrência das reflexões. A autora destaca, dessa forma, a importância de o professor estabelecer um triplo diálogo:

- o primeiro diálogo refere-se aquele realizado pelo professor consigo mesmo, visando refletir sobre si mesmo enquanto pessoa e como profissional. Nesse exercício, o professor tem a oportunidade de conscientizar-se sobre suas concepções relativas ao ensino, à aprendizagem, às expectativas que tem em relação aos seus alunos, bem como às demandas sociais sobre a escola e seu trabalho docente. O professor pode, ainda, reconhecer suas dificuldades, suas limitações e seus potenciais;
- o segundo diálogo refere-se àquele realizado com os outros, referências (outros professores que os inspiraram, autores que os influenciam), os alunos, os pais, os colegas professores, diretores e coordenadores. Tem-se, portanto, a oportunidade de refletir sobre suas influências e sua rede de interdependência;
- o terceiro diálogo deve ocorrer entre o professor e a situação. Oportunidade em que o professor busca compreender os problemas que enfrenta em sala de aula, envolvendo-se num processo de pesquisa por meio do qual possa levantar e testar hipóteses, a partir de coleta e análise de dados. Entretanto, não deve limitar tal pesquisa a um mero levantamento diagnóstico, mas buscar o enfrentamento em todo problema, favorecendo soluções que os superem.

Monteiro (2006) propõe um quadro síntese desse processo dialógico proposta por Alarcão (2003):

Quadro 2 – Síntese do diálogo triplo no processo de reflexão

DIALOGO CONSIGO MESMO:		DIALOGO COM O OUTRO:
Que professor sou eu? Como me tornei o que sou? Qual o significado do que faço? Que teorias sustentam a minha prática? O que vale a pena manter em minha prática? O que vale a pena mudar em minha prática?		O que ele tem igual a mim? O que ele tem de diferente de mim? Qual a origem dessa diferença? Em qual teoria se sustenta a prática dele? Será que convive com os mesmos problemas que eu? Como será que ele faz para resolver o problema? Como podemos trabalhar coletivamente?
DIÁLOGO COM A SITUAÇÃO		
DELINEAMENTO DO PROBLEMA:	ESCOLHA METODOLÓGICA PARA COLETA DE DADOS:	ESCOLHA METODOLÓGICA PARA ANÁLISE DOS DADOS:
Quais dificuldades enfrento em minha prática? Quais dificuldades meus companheiros enfrentam em sua prática? O que essas dificuldades têm em comum? Quais perguntas devo responder para entender as causas dessas dificuldades?	Quais minhas hipóteses para as possíveis causas dos problemas? Quais as hipóteses de meus companheiros sobre as possíveis causas dos problemas? Qual procedimento vou adotar para testar essas hipóteses? Que instrumentos devo utilizar seguindo esse procedimento?	Que autor, ou autores é/são mais adequados para dar suporte a análise dos dados? Como os dados obtidos se encaixam na teoria por nós adotada?

Fonte: Monteiro (2006)

Para Garrido, Pimenta e Moura (2000), somente a partir do processo de investigação da própria prática pedagógica é que o professor tem condições de estabelecer

(...) um fio condutor e um distanciamento para atender de forma mais sistemática e criteriosa o próprio trabalho. Torna o professor mais sensível e atento à complexidade do fazer docente (GARRIDO, PIMENTA E MOURA, 2000, p.9).

Pesquisadores como Stenhouse (2007) e Elliott (2005) defendem a pesquisa-ação como uma importante aliada do professor que pretende refletir na e sobre a ação.

Como bem destaca Franco (2005), a pesquisa-ação, nas últimas décadas, tem sido utilizada de diversas maneiras, caracterizando distintas intencionalidades e, portanto, compondo, uma variedade de formas de implantar a *práxis* investigativa.

Vergara (2005) afirma que a pesquisa-ação surge nos trabalhos realizados por Kurt

Lewin, na década de 40, cuja pesquisa envolvia uma mudança de hábitos da população americana no pós-guerra. Thiollent (1997) destaca que esse tipo de pesquisa não se limita apenas a um diagnóstico e à descrição de uma situação, mas pretende, em certos casos, gerar transformações que possibilitem evoluções a grupos e/ou organizações envolvidas.

Dessa forma, o autor entende que a pesquisa-ação constitui uma investigação social que relaciona a pesquisa e a ação de tal forma, que os pesquisadores e os membros do grupo social da realidade estudada participam de modo colaborativo, não apenas para identificar e descrever os problemas vividos como também para experimentar soluções em condições reais.

Franco (2005) identifica três importantes conceituações acerca das investigações realizadas no Brasil que utilizam a pesquisa-ação:

- a pesquisa-ação colaborativa, na qual membros de um grupo de referência buscam o apoio de pesquisadores para tornar científico o processo instalado pelos sujeitos desse grupo;
- a pesquisa-ação crítica, por meio do qual o processo de transformação a ser implementado é percebido como necessário pelos membros do grupo a partir de trabalhos iniciais que valorizem a construção crítica e autônoma desse grupo;
- A pesquisa-ação estratégica, por meio do qual necessidade de transformação é planejada previamente pelos pesquisadores sem a participação dos sujeitos do grupo. Dessa forma, o pesquisador irá acompanhar seus efeitos e avaliará os resultados de sua aplicação.

Neste trabalho, fomos procurados por cinco professores de Física de cinco diferentes escolas públicas que desejavam encontrar na universidade uma maneira de superar a falta de

motivação apresentada por seus alunos em relação ao envolvimento com as atividades propostas em sala de aula. Eles expuseram seus esforços e suas dificuldades para implementar práticas didáticas de caráter experimental em suas aulas para alunos do Ensino Médio na tentativa de despertar neles a curiosidade e o desejo de aprender. Contudo esbarravam, fundamentalmente, na inexistência de laboratórios e de equipamentos experimentais em todas as cinco escolas.

Revelaram-nos que suas ações, apesar de conjuntas e solidárias não passavam de atividades pontuais que acabavam ocorrendo a partir do empréstimo de equipamentos experimentais da Universidade.

Portanto, tendo em vista essa demanda inicial a de se buscar meios para implementar atividades experimentais no contexto dessas cinco escolas públicas, ter nascido dos próprios professores buscando apoio de pesquisadores da Universidade, entendemos que a natureza do trabalho que deveríamos realizar juntos era o de pesquisa-ação crítica.

Para Franco (*opus cit*), a condição essencial para a realização da pesquisa-ação crítica é o mergulho na *práxis* do grupo social em estudo. Portanto, os detalhes metodológicos não são definidos *a priori*, mas juntamente com os membros do grupo parceiros de pesquisa durante seus encontros e debates. No dizer da própria autora,

(...) a metodologia não se faz por meio das etapas de um método, mas se organiza pelas situações relevantes que emergem do processo. Daí a ênfase no caráter formativo dessa modalidade de pesquisa, pois o sujeito deve tomar consciência das transformações que vão ocorrendo em si próprio e no processo. É também por isso que tal metodologia assume o caráter emancipatório, pois, mediante a participação consciente, os sujeitos da pesquisa passam a ter oportunidade de se libertar de mitos e preconceitos que organizam suas defesas à mudança e reorganizam a sua autoconcepção de sujeitos históricos. (FRANCO, 2005, p.486.)

Neste trabalho de pesquisa, portanto, buscamos implementar a utilização de experimentos controlados remotamente em cinco escolas de Ensino Médio, estudando todo esse processo a partir da pesquisa-ação crítica. Não só buscávamos contribuir com a escola,

com a aprendizagem dos alunos, mas intentávamos compreender como tal recurso poderia impactar o processo de ensino e de aprendizagem dos alunos do Ensino Médio.

Desde o início, estava claro para nós, enquanto pesquisadores da área de Ensino de Ciências, que nenhum recurso de ensino teria impacto positivo se o professor não estivesse, de fato, preparado para utilizá-lo em sala de aula e em condições de explorá-lo em todo o potencial que pudesse oferecer. Afinal, não é o recurso que ensina, mas o professor que se utiliza dele para ensinar.

Porém, diferentes questões se impuseram: como os professores deveriam fazer uso desse recurso em sala de aula? Que dificuldades enfrentariam com o uso da inovação? Como reagiriam ante às primeiras reações dos alunos? Que mudanças precisariam fazer em si mesmos para atingir melhores objetivos? Etc. ...

No entanto, seguindo as orientações de Franco (2005), preferimos não definir, *a priori*, quais questões responder, deixamos que os próprios rumos da pesquisa-ação fizessem emergir as perguntas bem com as respostas sobre a utilização de experimentos remotos na escola pública.

Nosso papel limitou-se a proporcionar aos professores os contextos favoráveis ao desencadeamento das reflexões, bem como a orientar e instrumentalizar o trabalho de coleta de dados dos professores em sua prática de sala de aula.

No próximo capítulo, descrevemos em detalhes os passos adotados na pesquisa que realizamos, caracterizando os instrumentos de coleta de dados utilizados, bem como o método para realizar a análise dos resultados obtidos.

4 A PESQUISA

Este trabalho teve por objetivo estudar as possíveis contribuições, para o processo de ensino e de aprendizagem de conceitos científicos, de um laboratório com experimentos de Física controlados remotamente. Buscamos assim, compreender como a experimentação controlada remotamente pode se constituir numa ferramenta útil para professores e alunos que não dispõem de infraestrutura adequada e necessária para a realização de experimentos em aulas de Física no Ensino Médio.

Para tanto, unimo-nos a cinco professores de cinco diferentes escolas públicas para, de forma colaborativa, realizar uma pesquisa-ação relativa ao processo de implementação das atividades experimentais controladas remotamente no contexto de aulas de Física no Ensino Médio.

A pesquisa foi realizada com esses professores tendo em vista a disposição destes de nos procurar manifestando o desejo de implementar práticas experimentais em suas aulas de Física. O intuito deles era conseguir fazer com que seus alunos se motivassem mais pelo estudo da disciplina. Afirmavam que não estavam conseguindo despertar o interesse dos alunos pelas aulas que ministravam. Depois de uma conversa conjunta, resolveram recorrer à universidade para buscar algo inovador que, de alguma forma, fizesse com que seus alunos se interessassem mais pelo que ensinavam.

A princípio, tinham o intuito de emprestar equipamentos experimentais da Universidade para realizar práticas com seus alunos; contudo, à medida que a conversa foi se encorpando, revelaram que esse empréstimo já havia ocorrido algumas vezes e que, nessas oportunidades, as atividades em sala de aula pareciam ter ficado mais animadas e interessantes, mas, com o tempo, mesmo com os experimentos os alunos pareciam já não se interessar mais e logo voltavam a uma postura menos engajada em sala de aula.

Nesse contexto, foi proposto aos cinco professores o desafio de desenvolverem uma

pesquisa colaborativa entre eles e os professores da Universidade, acertada sobre as bases da pesquisa-ação, tratando da implementação do uso de laboratórios controlados remotamente em aulas de Física na escola pública. Dessa forma, foi combinado que todas as quartas-feiras, duas horas, seriam dedicadas à realização da pesquisa.

Ficou combinado, também, que a pesquisa envolveria a aplicação das atividades experimentais nas cinco diferentes escolas públicas, envolvendo alunos de duas turmas do primeiro, do segundo e do terceiro ano do Ensino Médio de cada escola.

Quadro 3 – Número de alunos das escolas investigadas

NÚMERO DE ALUNOS POR TURMA E POR ESCOLAS PÚBLICAS DE ENSINO MÉDIO									
ESCOLA 1		ESCOLA 2		ESCOLA 3		ESCOLA 4		ESCOLA 5	
1º A	37	1º A	31	1º A	30	1º A	27	1º A	29
1º B	40	1º B	34	1º B	29	1º B	22	1º B	32
2º A	30	2º A	33	2º A	37	2º A	37	2º A	39
2º B	30	2º B	35	2º B	39	2º B	39	2º B	41
3º A	35	3º A	31	3º A	30	3º A	27	3º A	29
3º B	33	3º B	34	3º B	29	3º B	22	3º B	32

Fonte: autor

4.1 AS ETAPAS DA PESQUISA-AÇÃO IMPLEMENTADA COM E PELOS PROFESSORES

Para planejar os encontros de pesquisa com os professores, inspiramo-nos no ciclo em espiral proposto por Lewin (1946), quando das origens da pesquisa-ação, cuja implementação desse tipo de pesquisa envolvia três fases:

- 1.^a fase – Planejamento: diz respeito à fase em que todos os membros envolvidos na pesquisa reconhecem a situação na qual estão envolvidos. Nesse

sentido, em relação ao nosso problema de pesquisa, que diz respeito à implementação de laboratórios remotos no contexto de cinco escolas públicas de Ensino Médio, pareceu-nos fundamental que os professores expusessem suas concepções e expectativas com relação ao processo de ensino e de aprendizagem em Física e com relação ao papel do laboratório e das atividades experimentais, em especial o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) nesse processo. Quanto a esse aspecto, foi importante a realização de discussões com os resultados de pesquisa que são realizadas nesse âmbito a partir dos artigos científicos publicados sobre o tema em estudo.

- 2.^a fase – Tomada de decisão: envolve, necessariamente, a definição do que fazer a partir do momento em que se tem ideia do problema a ser enfrentado. Nesse sentido, em nosso caso, uma vez estabelecida nossas concepções sobre qual laboratório queríamos e sobre quais atividades experimentais entendíamos ser as mais importantes para contribuir com a formação científica dos alunos do Ensino Médio, precisávamos saber quais os passos a serem implementados para atingir nossos objetivos. Então, reuniões precisavam ser realizadas, visando à apresentação dos experimentos controlados remotamente que já havíamos desenvolvido para o estabelecimento de discussões sobre como dirigir esse tipo de atividade em sala de aula com os alunos, assim como à seleção de instrumentos e critérios de avaliação do impacto desencadeado pelas atividades em sala de aula.
- 3.^a fase – Encontro de fatos (*fact-finding*) sobre os resultados da ação: volta-se à realização de reuniões para a avaliação dos dados coletados no processo de implementação da solução, em que reflexões sobre os resultados seriam

importantes, não apenas para interpretar os dados obtidos de forma a diagnosticar a realidade, mas também para buscar meios de implementar alterações que aperfeiçoassem os resultados obtidos.

Tendo em vista essas três fases, desenvolvemos nossa pesquisa em seis etapas, apresentadas na sequência.

1.^a etapa: os cinco professores de Física se reuniram para iniciar o processo de reflexão. A intenção foi a de levá-los a refletir sobre si mesmos e sobre suas experiências com o ensino enquanto alunos e enquanto professores, para que eles pudessem expor suas concepções sobre

- o ensino e ensino de Ciências, a aprendizagem e a aprendizagem de Ciências;
- o que é a Ciência, o papel da experimentação na Ciência e no ensino de Ciências;
- a utilização de novas Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) no ensino de Ciências.

Todas as reuniões realizadas foram filmadas com o consentimento de todos os participantes, sob o compromisso de não serem expostas e as identidades dos interlocutores não serem reveladas. As falas foram devidamente transcritas. Essa etapa de pesquisa teve a duração de quatro semanas:

- a) primeira semana: os professores foram convidados a virem para reunião trazendo consigo algo que lhes remetesse à lembrança de suas experiências com o ensino na condição de aluno e na condição de professor. Após a apresentação da ideia do projeto e de suas fases, solicitamos que cada professor se levantasse, fosse à frente de todos e apresentasse o que trouxera para mostrar, explicando que tipo de lembrança aquilo lhe remetia. Todos os professores falaram, e, ao final de todas as

apresentações, o mediador (autor deste trabalho) provocou um debate sobre algumas anotações feitas durante a fala de cada professor. A intenção foi a de problematizar a questão relativa ao ensino, à aprendizagem e ao ensino e à aprendizagem em Ciências. Ao término da reunião foi distribuído a todos um artigo (VILLANI, A.; PACCA, J.L.A. Construtivismo, conhecimento científico e habilidade didática no ensino de ciências. Rev. Fac. Educ. vol. 23 n. 1-2 São Paulo Jan./Dec. 1997) que deveria lido para discussão no encontro seguinte.

- b) segunda semana: a reunião foi iniciada com a discussão sobre o artigo distribuído na reunião anterior. Os professores colocaram suas ideias e, logo após, iniciou-se a discussão relativa ao que se entendia por aprendizagem. Ao final da reunião, foi solicitado aos professores que lessem novamente um artigo. FERNANDES, K. Os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais em correlação com os eixos temáticos dos PCNs. Revista Eletrônica de Ciências, v.5, n.3, 2010;
- c) terceira semana: a reunião teve início com o término da discussão sobre aprendizagem. Em seguida, deu-se início à discussão sobre a relação entre o fazer científico, à aprendizagem e o ensino de Física. Ao final, os professores receberam novo artigo para ser lido e discutido na semana seguinte: SILVEIRA, F.L. A filosofia da ciência e o ensino de ciências. Em Aberto, Brasília, ano 11, nº 55, jul./set. 1992;
- d) quarta semana: A reunião iniciou com uma fala de 50 minutos do mediador, que buscou explicar as Teorias de Popper, Kuhn e Lakatos relativas à natureza da Ciência e do fazer científico, bem como algumas consequências didáticas para cada concepção de Ciência. Em seguida, os

professores discutiram a seguinte questão: como seria o ensino de Física considerando os pressupostos mais modernos da Filosofia da Ciência? Ao final da reunião, os professores receberam outro artigo que seria lido na semana seguinte: MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C.F. Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 24, n^o. 2, Junho, 2002;

- e) quinta semana: a discussão a respeito do artigo distribuído na semana anterior, que tratava das possibilidades e limitações das simulações computacionais predominou sobre o tempo de reunião. Os professores expuseram suas ideias relativas ao artigo e às suas facilidades e dificuldades de se valer de tais recursos com seus alunos na escola.

2.^a etapa: os cinco professores de física se reuniram para conhecer as atividades experimentais controladas remotamente desenvolvidas pelo mediador. A ideia foi a de discutir com os professores o potencial dos protótipos para despertar o interesse dos alunos e contribuir com sua aprendizagem. Além disso, planejar aulas em que os protótipos poderiam ser utilizados.

Os protótipos experimentais tratavam dos seguintes temas:

- Grandezas e Medidas: Medidas Indiretas;
- Óptica Geométrica: Estudo da reflexão e da refração
- Eletricidade: Circuitos elétricos em série, paralelo e misto, Lei de Ohm e Potência elétrica dissipada.

A etapa em questão durou sete semanas. Nas três primeiras semanas, os professores estudaram textos para elaborar uma metodologia de como dirigir a atividade em sala de aula, bem como a maneira de coletar os dados para a pesquisa com os alunos. Nas semanas seguintes, os professores, conjuntamente, estudaram e planejaram uma atividade experimental relacionada a cada um dos protótipos desenvolvidos.

- a) Primeira, segunda e terceira semanas: os professores estudaram os seguintes textos: PRAIA, J.; CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D. A hipótese e a experiência científica em Ciência: contributos para uma reorientação epistemológica. *Ciência e Educação*, v.8, n.2, 2002.
- VILLANI, E.P.; NASCIMENTO, S.S. A argumentação e o ensino de ciências: uma atividade experimental no laboratório didático de física do Ensino Médio. *Investigações em Ensino de Ciências – V8(3)*, 2003.
- ESPIRITO-SANTO, H.; DANIEL, F. Calcular e apresentar tamanhos do efeito em trabalhos científicos (1): As limitações do $p < 0,05$ na análise de diferenças de médias de dois grupos. *Portuguese Journal of Behavioral and Social Research*, Vol. 1 (1): 3-16. 2015.
- GÜNTHER, H. Pesquisa Qualitativa Versus Pesquisa Quantitativa: Esta é a Questão? *Psicologia: Teoria e Pesquisa* Mai-Ago, Vol. 22 n. 2. 2006.

A partir da leitura e da discussão dos textos, os professores propuseram uma metodologia sobre como dirigir a atividade experimental em sala de aula, bem como outra relativa à coleta de dados sobre o impacto do uso dos experimentos controlados remotamente sobre o processo de ensino e de aprendizagem.

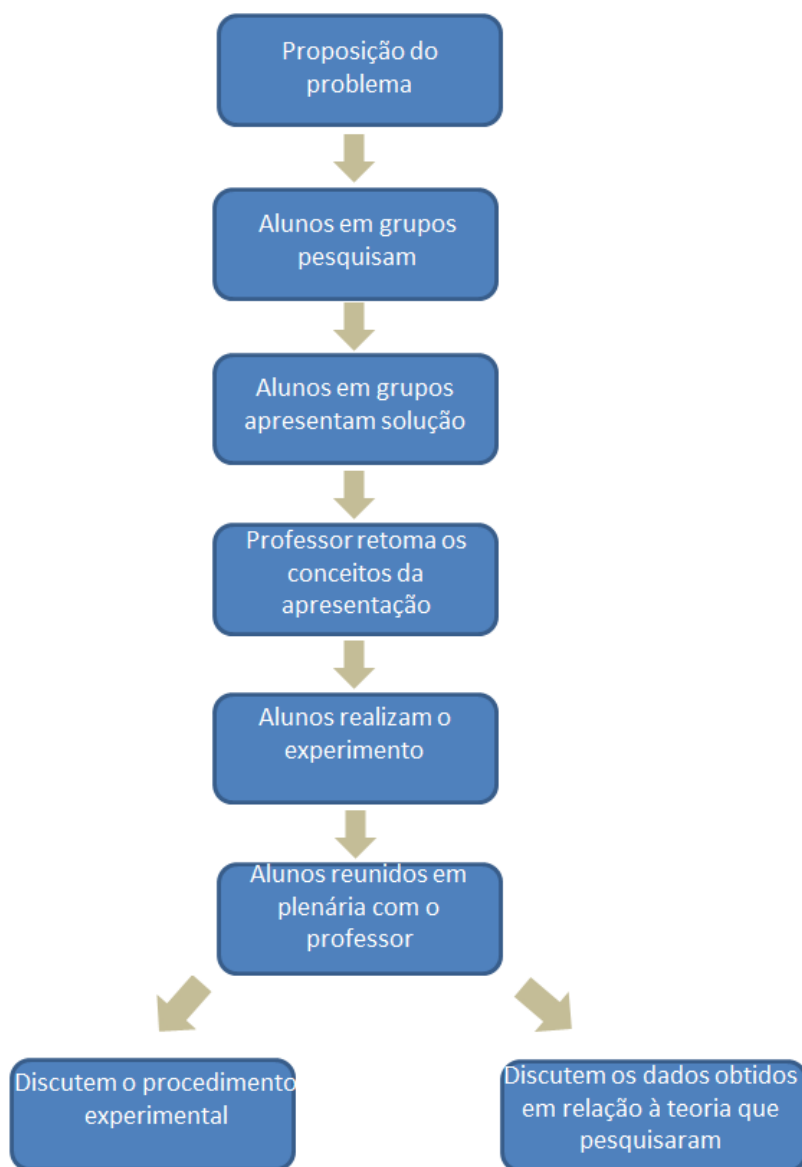
Com relação à metodologia, os professores decidiram que, antes da realização da experimentação, deveriam, inicialmente, propor um problema a ser respondido pelos estudantes e solicitar a eles que, em grupo, realizassem uma pesquisa sobre o tema e apresentassem suas conclusões para a sala. Em uma aula posterior, o professor faria uma discussão sobre o tema, recuperando ideias discutidas pelos alunos no trabalho de pesquisa.

Findada essa etapa, a atividade experimental remota seria realizada pelos alunos. Após a coleta de dados, haveria uma plenária de duas etapas seriam realizadas: a primeira, relativa à discussão sobre os procedimentos adotados pelos alunos na coleta de dados e a coerência dos dados obtidos. A segunda etapa, relativa à discussão dos dados a partir da teoria científica pesquisada, como a intenção de observar se os alunos construíam argumentos consistentes que explicassem os resultados obtidos.

Pensando em termos da coleta de dados para avaliar a experimentação em sala de aula os professores propuseram a seguinte metodologia: após a realização da aula de retomada dos conceitos que foram pesquisados pelos alunos seria aplicado um pré-teste com vistas a identificar o conhecimento que cada estudante construiu sobre o tema estudado. Em seguida, durante a realização da atividade experimental de coleta de dados, as turmas A dos primeiros, segundos e terceiros anos do Ensino Médio realizariam atividades controladas remotamente, enquanto as turmas B dos primeiros, segundos e terceiros anos do Ensino Médio realizariam atividades presenciais. Durante a realização da plenária, a aula seria filmada e todo diálogo estabelecido entre alunos e professor seria transcrito com vistas a avaliar, do ponto de vista qualitativo, a aprendizagem dos estudantes. Por fim, após a realização da plenária, os alunos realizariam um pós-teste com questões parecidas (enunciados diferentes, porém com o mesmo grau de dificuldade e com abordagem dos mesmos conceitos) as do pré-teste.

Em resumo, a proposta dos professores para dirigir a atividade em sala de aula seguiria o esquema da figura 2:

Figura 2 – Esquema da proposta apresentada pelos professores sobre como dirigir a atividade experimental em sala de aula



Fonte: autor

- b) Quarta semana: os professores se encontraram para conhecer os experimentos controlados remotamente e os presenciais, os quais tratariam sobre tema das medidas indiretas. Além disso, os professores também planejaram conjuntamente a aula que ministrariam a seus alunos envolvendo-os no tema proposto.
- c) Quinta semana: os professores se reuniram para conhecer os experimentos controlados remotamente e presenciais, os quais

tratariam dos fenômenos de reflexão e refração da luz. Também planejaram a aula que ministrariam para os alunos.

- d) Sexta semana: os professores se reuniram para conhecer os experimentos controlados remotamente e presenciais, os quais tratariam sobre os circuitos elétricos. Também planejaram a aula que ministrariam para os alunos.
- e) Sétima semana: Nesta semana os professores se reuniram para discutir o planejamento das aulas que ministrariam a seus alunos, bem como acertar os detalhes do processo de coleta de dados referentes à avaliação da aplicação das atividades.

3.^a etapa: os professores aplicam as atividades experimentais no contexto real de sala de aula juntamente com os alunos do Ensino Médio e avaliam, de forma comparativa, as atividades experimentais presenciais e as controladas remotamente. A intenção foi a de observar os diferentes impactos que tais atividades traziam para a sala de aula em termos de aprendizagem e motivação dos alunos, bem como em relação ao trabalho do professor em sala. É importante destacar que, nessa etapa, os professores se envolveram com a coleta de dados qualitativos e quantitativos a respeito da aplicação das experiências em sala de aula. Essa etapa teve a duração de sete semanas.

- a) Primeira, segunda e terceira semanas: os professores realizaram as atividades com os alunos: apresentação do problema sobre o qual deveriam se debruçar, apresentação dos alunos sobre a pesquisa realizada e apresentação teórica do tema por parte do professor.
- b) Quarta semana: os alunos realizaram o pré-teste.
- c) Quinta semana: os alunos realizaram as atividades experimentais. Os das turmas A (1^o, 2^o e 3^o) realizaram a experimentação remota, enquanto as turmas B (1^o, 2^o e 3^o) realizaram a experimentação presencial.
- d) Sexta semana: os alunos participaram das plenárias nas quais discutiram os dados experimentais coletados. O objetivo foi o de

que os alunos discutissem o que realizaram e, em seguida, buscassem construir explicações que justificassem os dados obtidos e argumentos que justificassem as explicações construídas.

e) Sétima semana: os estudantes realizaram o pós-teste.

4.^a etapa: os professores se reuniram para apresentar e discutir os dados obtidos na pesquisa. Nesse sentido, reflexões sobre aspectos que podem ser aperfeiçoados na maneira de se planejar e conduzir as atividades com os alunos foram expostas e analisadas. Essa etapa durou seis semanas.

- a) Primeira, segunda e terceira semanas: correção dos pré e dos pós-testes, tabulação dos dados, construção dos gráficos e realização dos cálculos para obtenção do d de Cohen e do ganho de aprendizagem.
- b) Quarta semana: transcrição das plenárias.
- c) Quinta semana: análise da transcrição das plenárias segundo o padrão de Toulmin para a argumentação.
- d) Sexta Semana: discussão dos dados obtidos relativos ao impacto educacional das atividades planejadas.

5.^a Etapa: os professores realizaram um último encontro, no qual apresentaram suas conclusões sobre o trabalho de pesquisa que realizaram.

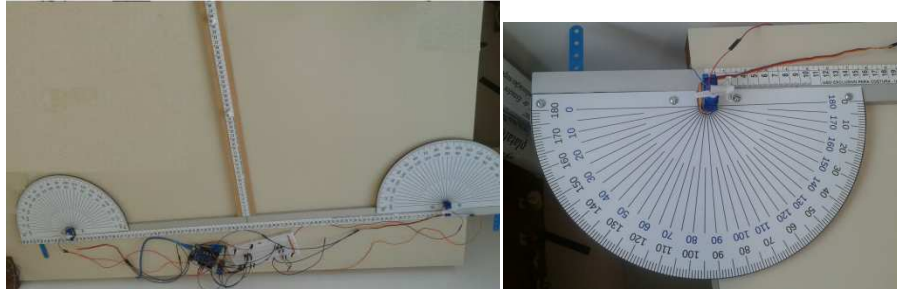
4.2 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DESENVOLVIDAS

Os experimentos controlados remotamente e presencialmente que foram desenvolvidos e avaliados abordaram os seguintes temas:

- a) Medidas indiretas – aplicado em situação de aula com os alunos dos primeiros anos. O aparelho construído consiste de uma plataforma metálica que dá suporte para dois transferidores, sobre os quais, em seu marco zero, são instalados dois *laser points* que estão acoplados em servo-motores. Sendo assim, ambos os *laser points* podem girar livremente sobre os

transferidores.

Figura 3 – Experimento remoto sobre medidas indiretas



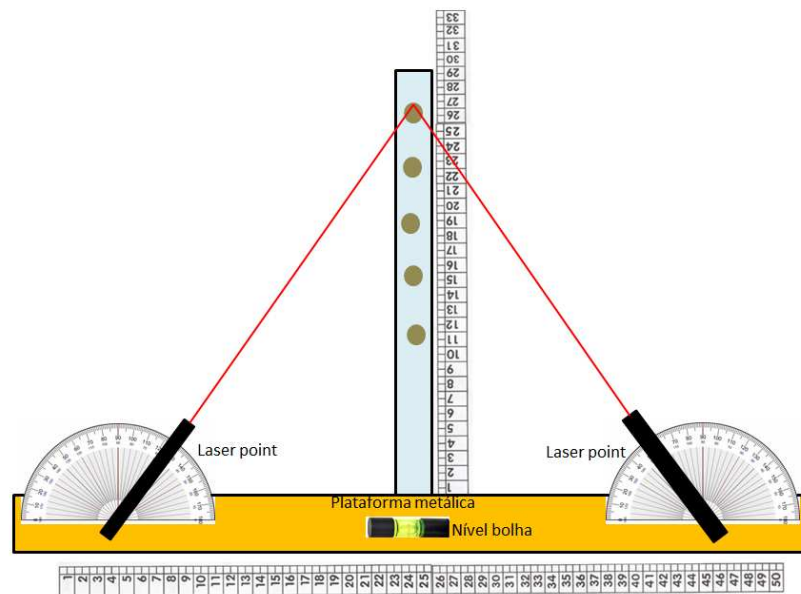
Fonte: autor

Cada um dos servo-motores, bem como os *laser points*, é ligado a um circuito comandado por uma placa arduino.

A placa arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica, de baixo custo, criada para possibilitar o desenvolvimento de sistemas de controle. Dessa forma, por meio de um circuito eletrônico simples e de programação computacional, é possível fazer com que a placa arduino, ao receber um comando de um usuário logado no experimento, possa acender e apagar os *laser points*, bem como girá-los, sob qualquer ângulo, em torno do marco zero do transferidor, dependendo do valor determinado pelo usuário.

Os raios de luz emitidos pelos *laser points* são refratados por um dióptro cilíndrico, possibilitando sua visualização, desde sua emissão até atingir uma das esferas dispostas sobre outra haste metálica conectada perpendicularmente à haste principal. Assim, é possível mirar um objeto com ambos os *lasers* e obter dois triângulos retângulos como indicado no esquema da figura 5.

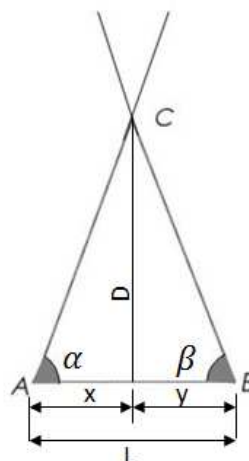
Figura 4 – Esquema do funcionamento do experimento remoto sobre medidas indiretas



Fonte: autor

Por meio de uma escala, que permite medir a distância entre os *laser points*, uma das bases do triângulo formadas pelos traçados de luz e a medida dos ângulos realizada a partir da leitura do ângulo no transferidor, é possível determinar a distância do equipamento até a esfera mirada pelo usuário, por meio de diferentes conceitos matemáticos: semelhança de triângulos, relações trigonométricas, razão e proporção e distância entre dois pontos.

Utilizando relações trigonométricas, por exemplo, é possível obter a seguinte expressão de determinação da distância:



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{D}{x} \rightarrow x = \frac{D}{\operatorname{tg} \alpha}$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{D}{y} \rightarrow y = \frac{D}{\operatorname{tg} \beta} \quad L = D \left(\frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} + \frac{1}{\operatorname{tg} \beta} \right)$$

$$x + y = \frac{D}{\operatorname{tg} \alpha} + \frac{D}{\operatorname{tg} \beta} \quad L = D \left(\frac{\operatorname{tg} \beta + \operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta} \right)$$

$$L = x + y = \frac{D}{\operatorname{tg} \alpha} + \frac{D}{\operatorname{tg} \beta} \quad D = L \left(\frac{\operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \beta + \operatorname{tg} \alpha} \right)$$

No caso do experimento presencial que trata do mesmo assunto, propusemos uma montagem que utilizou os seguintes materiais:

- 1 régua de madeira de 60 cm;
- 2 transferidores de plástico;
- percevejos (tachinhas);
- 2 alfinetes finos e compridos;
- 2 alfinetes com cabeça de vidro mais grossos;
- 2 canudinhos de refrigerante;
- 1 folha de papel camurça preto;
- 1 chumbinho de pesca;
- barbante;
- 1 gancho pequeno com rosca soberba.

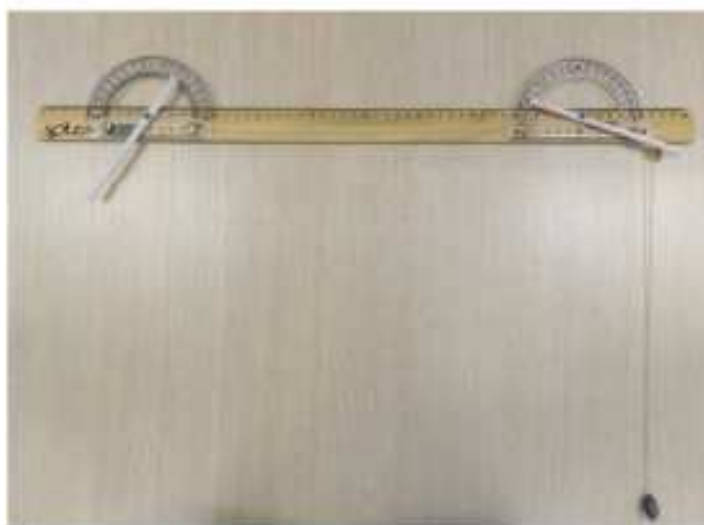
Figura 5 – Materiais utilizados na construção do experimento presencial de medidas indiretas



Fonte: autor

Após a montagem, o equipamento experimental ficou assim constituído:

Figura 6 – Experimento presencial de medidas indiretas



Fonte: autor

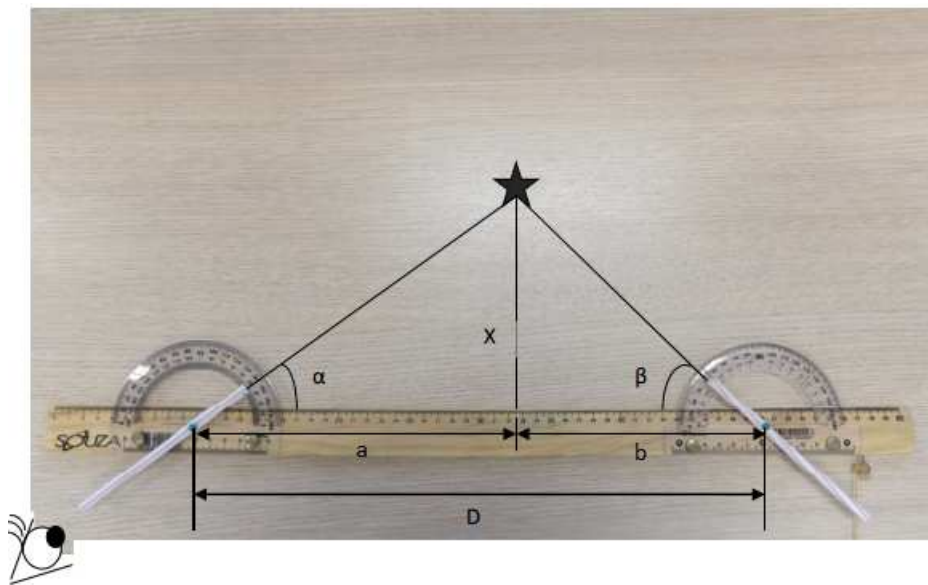
A utilização do equipamento experimental para a determinação de medidas indiretas foi feita da seguinte forma:

- O aluno escolhe um ponto de referência cuja distância, em relação ao equipamento experimental, será determinada. Em seguida, ele apoia o equipamento em uma superfície horizontal de tal modo que o fio de prumo fique na vertical.

- Com ambos os canudinhos de refrigerante, que servem de mira, o estudante pode visualizar o ponto, cuja distância se quer determinar, e ajustar os ângulos de visualização que podem ser medidos pelos respectivos transferidores.

Dessa forma, pode-se fazer a modelagem matemática.

Figura 7 – Esquema de utilização do experimento presencial de medida indireta

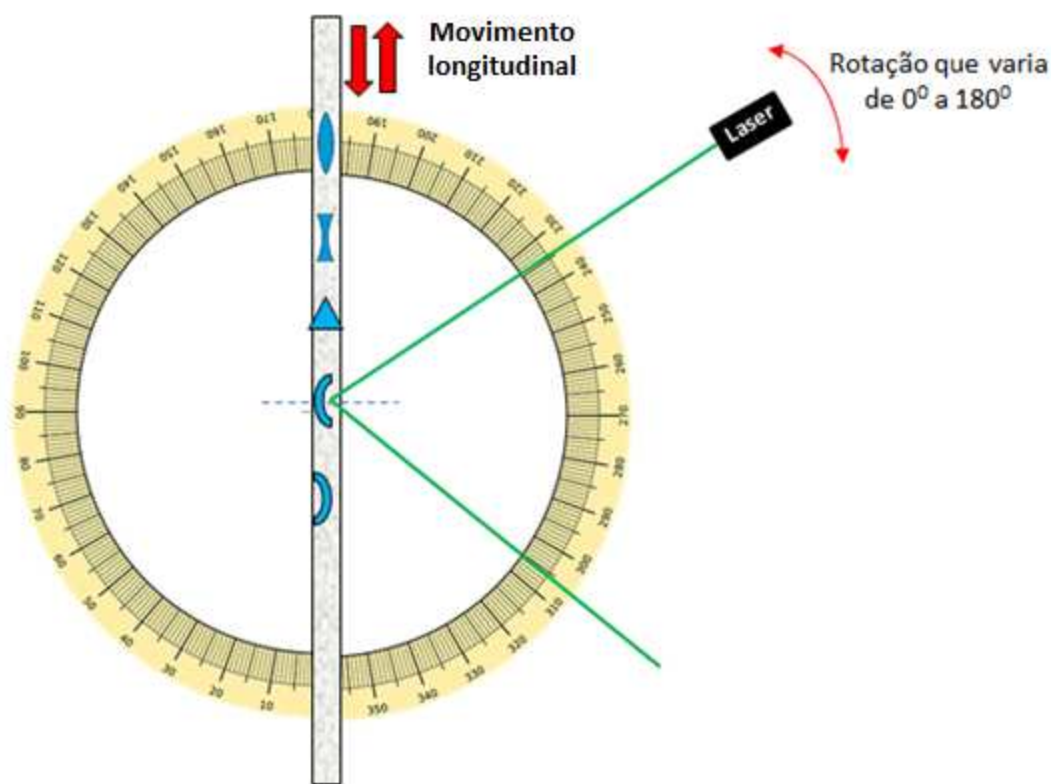


Fonte: autor

- b) Reflexão e refração da luz – aplicados em situação de aula com os alunos dos segundos anos.

O dispositivo experimental controlado remotamente para o estudo do comportamento dos raios de luz ao incidir e/ou atravessar diferentes meios materiais constitui-se de uma plataforma que sustenta um transferidor de 360° dividido em duas partes por uma haste metálica que se move longitudinalmente por ação de um motor de passo. Sobre essa haste estão fixados, por ação magnética, diferentes dióptros (lentes esféricas, convergente e divergente, espelhos, plano e esféricos, além de um prisma) que, mediante o movimento da haste, podem ser posicionados no ponto zero do transferidor.

Figura 8 – Esquema do experimento remoto sobre comportamento de raios de luz

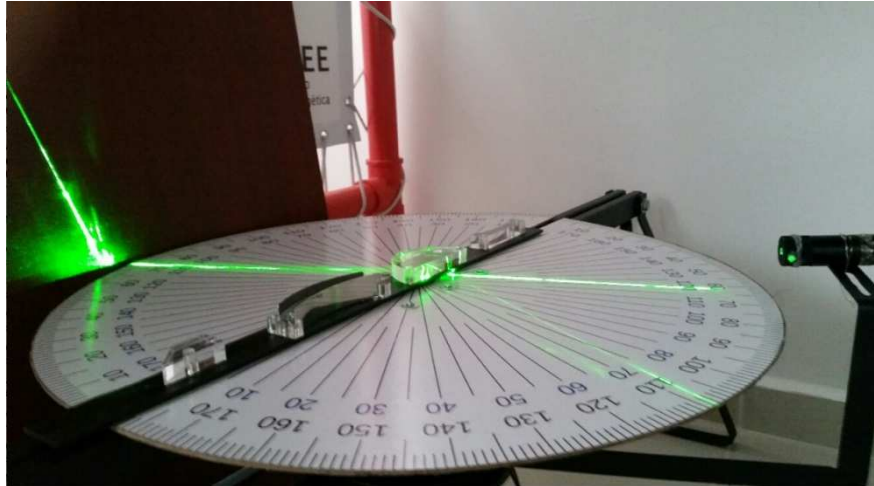


Fonte: autor

Em torno do transferidor e, portanto dos dióptros que podem ser selecionados pelo usuário, dependendo do seu objetivo de estudo, orbita um laser point que pode ser acionado e rotacionado, em qualquer ângulo, eletronicamente. Dessa forma, por meio de uma câmera, o usuário pode visualizar o raio luminoso, monocromático, que sai do laser, incide sobre o dióptro selecionado e emerge dele. Por meio do transferidor, o usuário pode medir o ângulo de incidência e de refração ou de reflexão do raio de luz, permitindo ao estudante o estudo das Leis de reflexão, Lei da Snell bem como das condições de estigmatismo de Gauss.

O aparato experimental construído ficou assim constituído:

Figura 9–Experimento remoto sobre comportamento de raios de luz

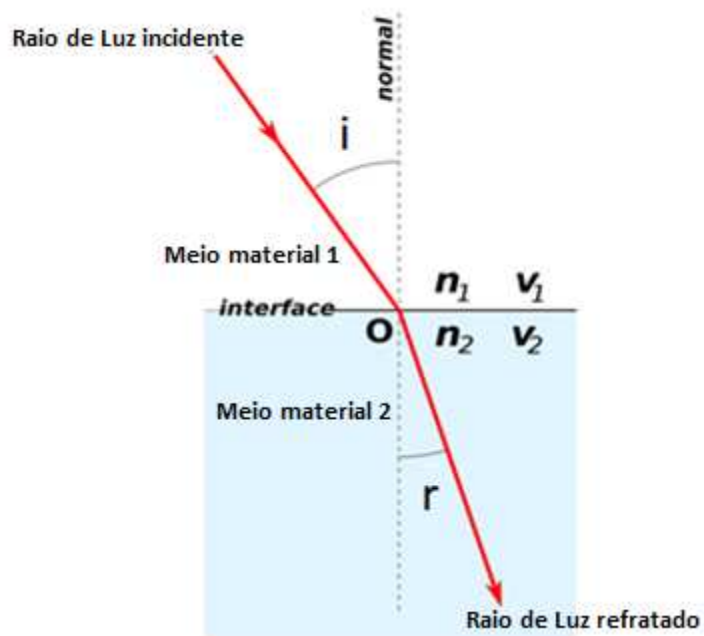


Fonte: autor

Com essa montagem podemos realizar os diferentes experimentos, por exemplo:

- a) Determinação do índice de refração de um meio: se considerarmos um raio de luz R que se propaga no ar (índice de refração n_1) com velocidade v_1 e que, em seguida, atravessa uma lâmina de vidro (índice de refração n_2), pode-se observar um desvio na trajetória desse raio de luz, devido à mudança de velocidade de propagação da luz que passa a ser v_2 . Ou seja, os diferentes meios materiais (ar e vidro) opõem-se, com intensidades diferentes, à propagação da luz, por isso esses meios apresentam índices de refração diferentes. Essa oposição à propagação da luz faz com que haja o desvio da trajetória do raio luminoso. A esse fenômeno do desvio da luz ao atravessar diferentes meios materiais dá-se o nome de refração da luz

Figura 10–Esquema sobre o fenômeno de refração da luz



Fonte: autor

Sendo:

i ângulo de incidência do raio de luz

r ângulo de refração do raio de luz

Pela Lei de Snell-Descartes, pode-se calcular os índices de refração:

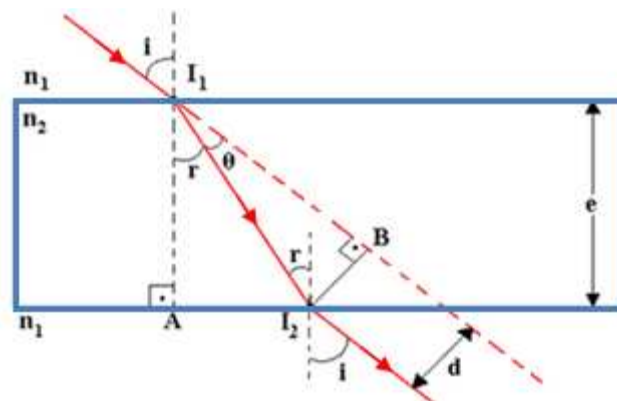
$$n_1 \sen i = n_2 \sen r$$

Se consideramos n_1 (índice de refração do ar igual a 1), obtendo os dados referentes aos valores de i e r , pode-se determinar o índice de refração n_2 do vidro.

- b) Se utilizarmos, uma lâmina de placas paralelas, outro experimento pode ser realizado. Para tanto, consideramos uma um raio de luz R que inicialmente, propagando-se no ar (índice de refração n_1) incide e atravessa uma lâmina de placas paralelas (índice de refração n_2).

Matematicamente, pode-se determinar d

Figura 11–Esquema de refração da luz em laminas de faces paralelas



Fonte: autor

Sendo:

I_1 – ponto de incidência da luz na 1ª face da lâmina de faces paralelas

I_2 – ponto de incidência da luz da 2ª face da lâmina de faces paralelas

n_1 – índice de refração do meio onde esta imersa a lâmina

n_2 – índice de refração do material que constitui a lâmina

d – desvio lateral sofrido pelo raio de luz ao atravessar a lâmina

e – espessura da lâmina

Pode-se escrever:

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r$$

Pelo triângulo $I_1 I_2 A$, temos:

$$\cos r = \frac{I_1 A}{I_1 I_2} = \frac{e}{I_1 I_2} \quad (I)$$

Pelo triângulo $I_1 I_2 B$, temos:

$$\sin \theta = \frac{I_1 B}{I_1 I_2} = \frac{d}{I_1 I_2} \quad (II)$$

Dividindo I por II, temos:

$$\cos r = \frac{\cos r}{\sin \theta} = \frac{e}{d}$$

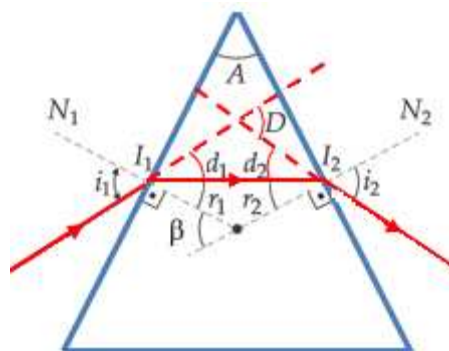
$$d = e \frac{\sin \theta}{\cos r}$$

Essa expressão, obtida matematicamente, pode ser verificada experimentalmente pelo experimento controlado remotamente.

- c) Podemos, ainda, selecionando um prisma, estudar a trajetória luminosa que refrata em seu interior.

Para tanto, consideremos um raio de luz monocromático que incide, no ponto I_1 de um prisma com ângulo de abertura A , formando com a normal N_1 à superfície do prisma um ângulo de incidência i_1 . Ao ser refratado o interior do prisma, o raio de luz forma com a normal N_1 um ângulo de refração r_1 . Depois, ao incidir no ponto I_2 , passando a propagar-se novamente no ar, o raio de luz sofre nova refração, formando um ângulo de incidência r_2 com a normal N_2 à outra superfície. O ângulo de refração i_2 é também chamado de ângulo de emergência.

Figura 12 – Esquema de refração da luz prismas



Fonte: autor

Podemos aplicar a Lei de Snell-Descartes para essas duas refrações, tomando n_1 como o índice de refração absoluto do meio onde se encontra o prisma (ar) e n_2 como índice de

refração absoluto do prisma.

$$1^{\text{a}} \text{ refração: } n_1 \sen i_1 = n_2 \sen i_2 \text{ (I)}$$

$$2^{\text{a}} \text{ refração: } n_2 \sen r_2 = n_1 \sen i_2 \text{ (II)}$$

O ponto R é encontrado pela intersecção dos prolongamentos das normais N1 e N2. Utilizando a propriedade da soma dos ângulos internos de um quadrilátero, temos; no quadrilátero AI₁RI₂:

$$A + 90^\circ + 90^\circ + I_1RI_2 = 360^\circ$$

$$I_1RI_2 = 180^\circ - A$$

Como os ângulos β e I_1RI_2 são suplementares, então $\beta = A$

Portanto, pode-se verificar experimentalmente que $r_1 + r_2 = A$

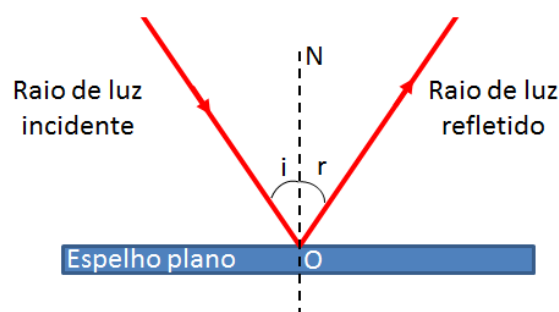
Além disso, utilizando a 1ª refração, pode-se verificar experimentalmente também que:

$$d_1 = i_1 - r_1$$

d) Estudo dos espelhos planos

Se for seleccionado um espelho plano, podemos verificar nele as leis da reflexão:

Figura 13 – Fenômeno de reflexão da luz (espelho plano)



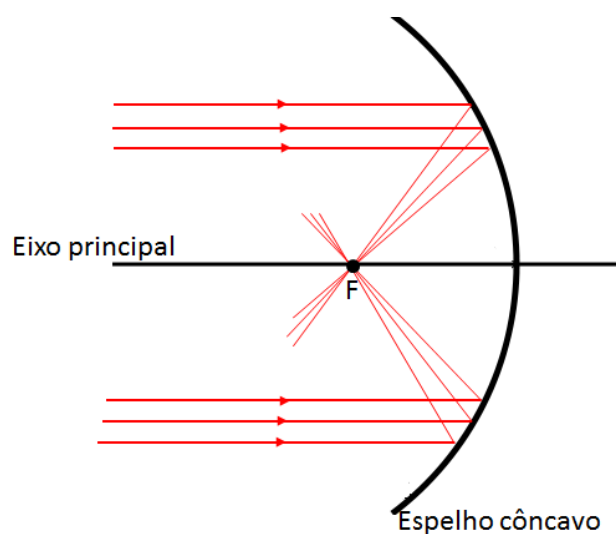
Fonte: autor

- 1.ª O raio de luz incidente e o raio de luz refletido sobre o espelho plano são coplanares, ou seja, estão no mesmo plano;
- 2.ª O ângulo que o raio de luz incidente faz com a normal é igual ao ângulo que o raio de luz refletido faz com a normal, ou seja, $i = r$.

- e) Podemos selecionar, também, espelhos esféricos e observar a formação dos pontos focais, bem como estudar o conceito de imagem virtual e real. Nesse caso podemos ter os espelhos côncavos e convexos:

Espelhos Côncavos: Para esse tipo de espelho podemos verificar que todos os raios luminosos que incidem ao longo de uma direção paralela ao eixo principal do espelho, convergem para mesmo ponto que é chamado de foco principal do espelho (F). A imagem forma-se nesse ponto, ou seja, na frente do espelho. A imagem que se forma na frente do espelho é denominada real.

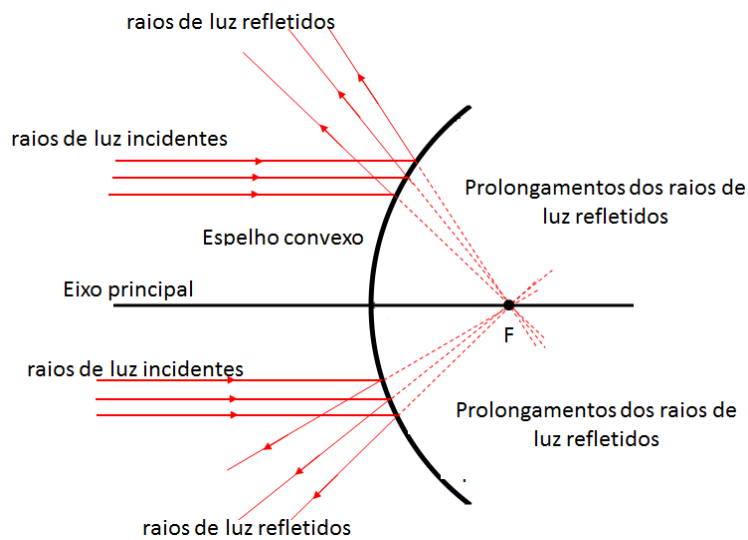
Figura 14 – Fenômeno de reflexão da luz (espelho côncavo)



Fonte: autor

Espelhos convexos: Nesse tipo de espelho podemos verificar que todo raio de luz incidente ao longo de uma direção paralela ao eixo principal do espelho divergem. Porém, os prolongamentos desses raios de luz convergem para um ponto denominado foco (F). É nesse ponto que se forma a imagem nos espelhos convexos. Nesse caso, a imagem formada atrás do espelho recebe o nome de virtual.

Figura 15 – Fenômeno de reflexão da luz (espelho convexo)



Fonte: autor

Os experimentos selecionados pelos professores de Física da Educação Básica para serem aplicados com os alunos foram os seguintes:

- determinação do índice de refração;
- reflexão em espelhos planos;
- reflexão em espelhos esféricos.

Os mesmos experimentos foram realizados de maneira presencial, utilizando os seguintes materiais:

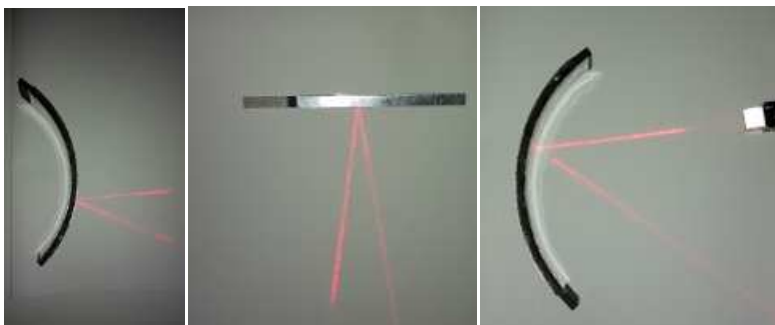
- placa de acrílico para estudo da refração;
- espelho plano;
- espelho côncavo;
- espelho convexo;
- fonte de luz;
- transferidor e papel.

Figura 16 – Lista de material para experimento presencial de raios de luz



Fonte: autor

Figura 17 – Realização do experimento presencial de raios de luz



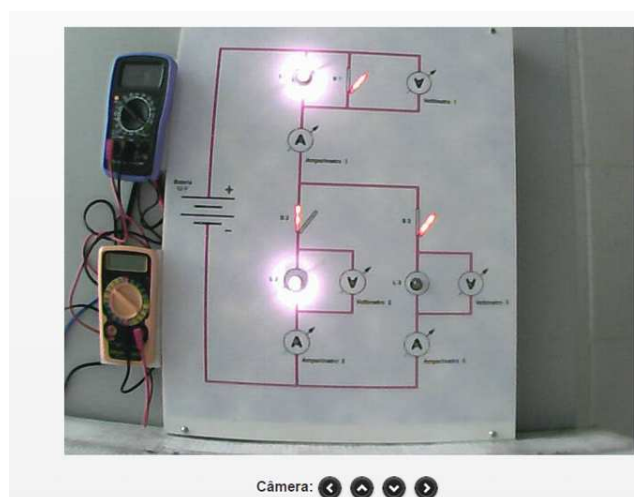
Fonte: autor

- c) Circuitos elétricos – aplicados em situação de aula com alunos dos terceiros anos.

A construção do experimento controlado remotamente para o estudo dos circuitos elétricos contou com diversos materiais e equipamentos: uma placa de madeira como base do experimento, similar a um painel sinótico, *leds* de alto brilho, dois multímetros, relés, lâmpadas incandescentes, uma placa arduino (plataforma de prototipagem eletrônica de *hardware* livre), bem como outros elementos eletroeletrônicos: chaves, circuitos integrados, resistores, fios, etc. Na figura 19 a seguir, mostramos a parte frontal da montagem visualizada

por um usuário no momento da realização da atividade experimental remota. As chaves (S1, S2 e S3) são representadas pelo acionamento de *leds* vermelhos que, de forma lúdica, caracterizam o estado dos contatos elétricos presentes no circuito misto (série e paralelo) das lâmpadas de 12Vcc (L1, L2 e L3). Uma placa a relés confere o acionamento real dos contatos das lâmpadas e os contatos de comutação dos multímetros presentes na montagem. Os dois instrumentos têm a função de voltímetro e de amperímetro. O circuito de comando é estabelecido a partir de uma placa arduino. A leitura e a coleta de todos os dados são realizadas, em tempo real, pelo usuário por meio de uma câmera.

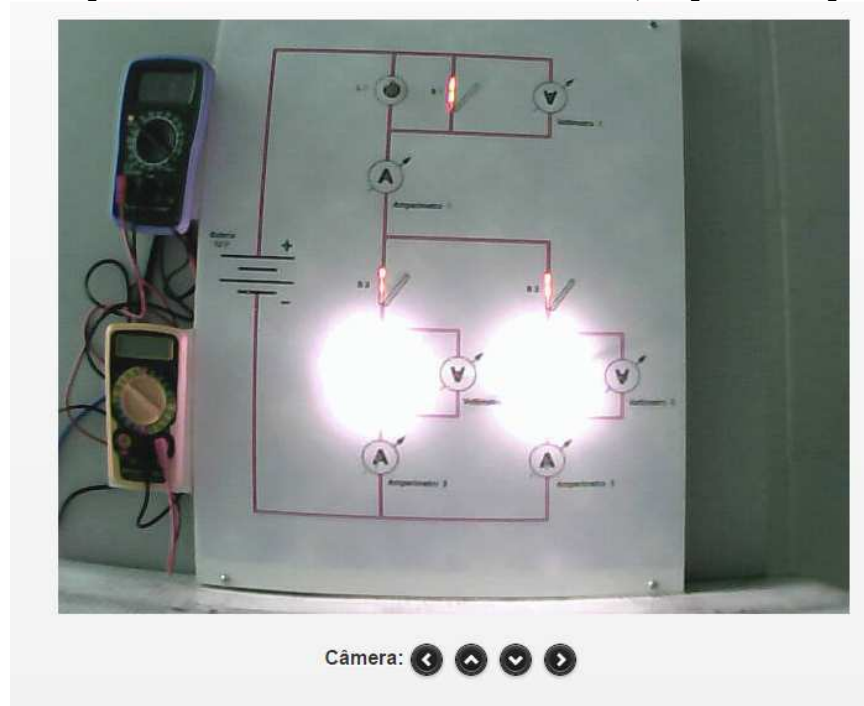
Figura 18 – Experimento remoto de circuitos elétricos (lâmpadas em série)



Fonte: autor

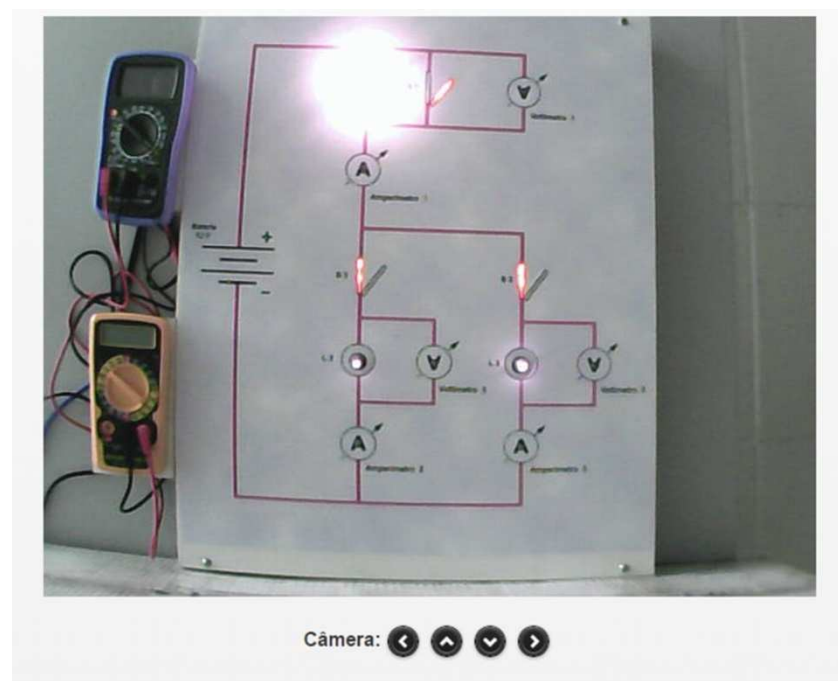
Da mesma forma que o experimento presencial convencional, dependendo do acionamento das chaves, os estudantes podem ter diferentes configurações do circuito.

Figura 19 – Experimento remoto de circuitos elétricos (lâmpadas em paralelo)



Fonte: autor

Figura 20 – Experimento remoto de circuitos elétricos (circuito misto)



Fonte: autor

Tanto no experimento presencial convencional quanto no experimento controlado remotamente, os conceitos científicos abordados são: corrente elétrica, diferença de potencial, resistência elétrica, potência elétrica dissipada e circuitos elétricos em série, em paralelo e

mistos. Pela intensidade do brilho das lâmpadas, nas diferentes configurações de circuito, espera-se que os alunos possam fazer uma análise qualitativa da potência elétrica dissipada. Porém, o uso de um multímetro, que pode funcionar como voltímetro e amperímetro, pode permitir a leitura de corrente elétrica e de tensão nos diferentes pontos dos circuitos montados.

Do ponto de vista qualitativo, se podia avaliar a potencia elétrica dissipada pelo brilho das lâmpada. As lâmpadas, na configuração do circuito que dissipa menos potencia elétrica, brilham menos.

Analisando segundo a perspectiva quantitativa o aluno podia utilizar a equação de definição de potencia elétrica:

$$P = Vi$$

Sendo P a potência elétrica dissipada,

V a tensão elétrica no circuito

i a corrente elétrica.

O experimento presencial para o estudo dos circuitos elétricos foi construído a partir dos seguintes materiais:

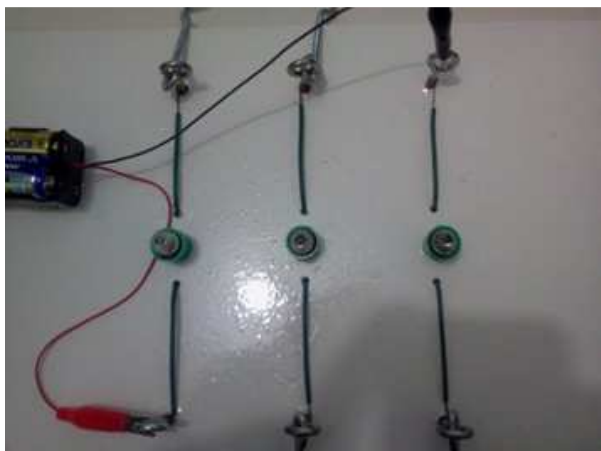
Figura 21 – Lista de material para a confecção do experimento presencial de circuito elétrico



Fonte: autor

Após a montagem, o equipamento experimental ficou assim constituído:

Figura 22 – Experimento presencial de circuito elétrico



Fonte: autor

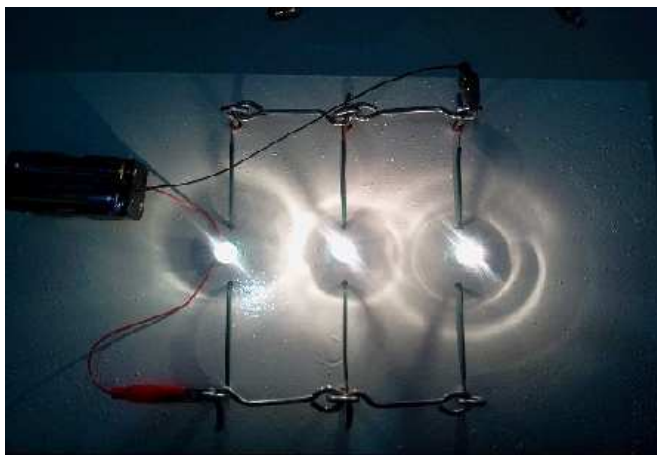
A utilização do equipamento experimental se estabeleceu a partir de possibilidades que o estudante tinha de montar três configurações diferentes de circuito elétrico: circuito em série, em paralelo e misto, como se pode ver nas figuras a seguir:

Figura 23 – Experimento presencial de circuito elétrico (ligação em série)



Fonte: autor

Figura 24 – Experimento presencial de circuito elétrico (ligação em paralelo)



Fonte: autor

Figura 25 – Experimento presencial de circuito elétrico (ligação mista)



Fonte: autor

Foi utilizado, também, um multímetro a partir do qual é possível medir a intensidade de corrente elétrica, bem como a diferença de potencial em cada lâmpada, para cada uma das configurações montadas.

Os estudantes tinham, então, duas possibilidades de avaliar em qual das montagens do circuito se dissipa maior potência: uma qualitativa e outra quantitativa.

4.3 METODOLOGIA DE ANALISE DOS DADOS

4.3.1 Tratamento estatístico dos dados quantitativos de pré e pós testes

O estudo quantitativo do impacto sobre a aprendizagem dos alunos, considerando a utilização de atividades experimentais e, em especial, aquelas que podem ser realizadas de forma remota, levou-nos a considerar dois momentos de validação de hipóteses: a primeira relativa à importância significativa da experimentação no processo de ensino e de aprendizagem de conceitos científicos; a segunda, relativa à possibilidade de o experimento controlado remotamente constituir uma alternativa para as escolas, professores e alunos que não dispõem de recursos para realizar tais atividades em suas escolas.

Para tanto, utilizamos do método de aplicação de pré e pós-testes para avaliar a existências de ganhos de aprendizagem com a utilização das atividades experimentais presenciais e controladas remotamente.

Para Lindenau e Guimaraes (2012), num teste estatístico, realizado para se avaliar o quanto um procedimento foi melhor do que outro, é importante calcular o tamanho desse efeito em relação à relevância estatística. Os autores afirmam que, atualmente, tem sido cada vez mais utilizado e, em algumas publicações exigidas, que o tamanho do efeito seja determinado.

Dessa forma, pensando em situações de ensino e de aprendizagem, a conclusão dos autores enfatiza o fato de não bastar para validação estatística do método de ensino que, num teste estatístico, mostremos que o desempenho de alunos a partir de uma abordagem de ensino inovadora tenha sido maior do que em situações em que abordagens tradicionais foram utilizadas em sala de aula. Segundo Lindenau e Guimaraes (2012), é fundamental saber o quanto esse desempenho foi maior para, só então, utilizar os resultados estatísticos para validar o novo método de ensino.

Os autores afirmam que, diante de quarenta diferentes modos para se determinar o tamanho de efeitos, um que se mostrou bem adequada para se avaliar a diferença de efeito entre duas condições específicas foi o D-Cohen (1977).

Outro parâmetro utilizado para se mensurar a diferença de efeito ou o ganho alcançado é o fator de g de Gery (1972).

Para se calcular o fator d de Cohen, podemos utilizar a seguinte expressão:

$$d = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}}$$

Onde:

$\bar{x}_1$, $\bar{x}_2$ – são as médias do grupo experimental e do grupo de controle, respectivamente;

n_1 , n_2 – são os tamanhos amostrais dos grupos analisados;

s_1^2 , s_2^2 – são as variâncias amostrais dos grupos analisados

Do ponto de vista de Cohen (1977), o valor de d pode ser interpretado da forma como indicada na tabela 2 a seguir:

Tabela 2 – Classificação dos valores de D- Cohen

Classificação	Valores
Efeito Pequeno	0,00 < d < 0,20
Efeito Médio	0,20 < d < 0,80
Efeito Grande	d > 0,80

Fonte: Cohen (1977)

Para se calcular o fator g de Gery, utilizamos a seguinte expressão:

$$< g > = \frac{\bar{X}_{\text{pós-teste}} - \bar{X}_{\text{pré-teste}}}{N_{\text{máxima}} - \bar{X}_{\text{pós-teste}}}$$

Onde:

$\bar{X}_{\text{pós-teste}}$ – média do pós-teste ;

$\bar{X}_{\text{pré-teste}}$ – média do pré-teste ;

$N_{\text{máxima}}$ – nota máxima

Do ponto de vista de Gery (1972), o valor de g pode ser interpretado como indicado na tabela se seguir:

Tabela 3 – Classificação dos valores de G-Gery

Classificação	Valores
Ganho Baixo	$0,00 < g < 0,30$
Ganho Médio	$0,30 < g < 0,70$
Ganho Alto	$g > 0,70$

Fonte: Gery (1972)

4.3.2 Análise dos diálogos estabelecidos com os professores e destes com os alunos em sala de aula

Na análise da interação do professor com os alunos na plenária, buscamos caracterizar a capacidade de os alunos em construírem argumentos que justificassem suas explicações, interpretações dos dados obtidos nos experimentos realizados, bem como a competência dialógica do professor para contribuir ou não com essa construção. Para tanto, lançamos mão

do modelo argumentativo de Toulmin (2001).

Segundo Toulmin (2001), o argumento pode ser comparado a um organismo por apresentar uma estrutura anatômica. Para o autor, um argumento, quando exposto em sua totalidade e detalhes, constitui-se de diferentes fases ou etapas que evidenciam a evolução do pensamento sobre um determinado problema, envolvendo desde a etapa relativa à formulação de afirmação inicial sobre o problema não resolvido, até a conclusão final, com a solução proposta. Dessa forma, cada uma dessas etapas se constitui em unidades anatômicas do argumento, ou seja, seus órgãos; a partir deles; a partir deles devem ser feita a validação ou refutação do argumento construído.

Julgamos, adequado utilizar tal modelo argumentativo por entendermos que essas etapas poderiam caracterizar com detalhes a evolução do pensamento do aluno sobre conceitos discutidos em sala de aula, bem como o papel das atividades experimentais nessa construção.

Em seu modelo argumentativo, Toulmin (2001), propõe não apenas os componentes próprios de argumentação científica, como apresenta a maneira como esses componentes devem estar relacionados entre si para formar a estrutura argumentativa como um todo.

Para Toulmin (2001), uma estrutura argumentativa deve ter os seguintes componentes: dado (D); conclusão (C) e justificativa (J).

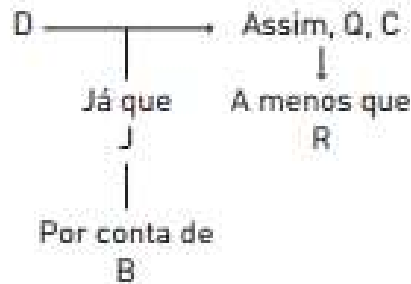
Dessa forma, a partir de um dado (D), pode-se concluir que (C), tendo em vista que (J).

Porém, o autor enfatiza que um argumento completo ou refinado deve apresentar as condições em que se pode considerar válida a justificativa utilizada, e denomina a especificação das condições de validade de uma justificativa de qualificador modal (Q). A partir desse raciocínio, pode-se denominar de refutação (R), a especificação das condições em que uma justificativa não é válida.

Como a justificativa tem natureza hipotética, se houver alguma alegação que dê apoio, suporte a justificativa então pode-se definir essa alegação como conhecimento básico (B).

A estrutura de argumento segundo Toulmin (2001), que evidencia a maneira como os componentes de uma argumentação devem estar relacionados é indicada na figura 27 a seguir.

Figura 26 – Modelo argumentativo de Toulmin



Fonte: Toulmin (2001)

4.3.3 Análise das falas dos professores durante as etapas da pesquisa-ação

Com relação aos professores, estávamos interessados em compreender quais eram as concepções docentes sobre o ensino, a aprendizagem, a Ciência e o papel da experimentação na Ciência e no ensino de Ciências no intuito de compreender como os eles reagiriam a proposta de utilização dos experimentos controlados remotamente.

Essa questão de pesquisa não foge do objetivo principal, pois no fim nossa intenção era perceber como reagiria a identidade docente ante os recursos disponibilizados pelo laboratório remoto desenvolvido. Será que seriam resistentes em incorporá-los as suas práticas, ou não e por quê? Se incorporassem, que tipos de alterações fariam?

Nessa perspectiva, a fala dos professores foi filmada e devidamente transcrita para que pudessemos realizar a Análise de Conteúdo (AC) .

Para Bardin (2009), a AC caracteriza-se como metodologia de pesquisa voltada para estudos relativos aos processos de interação social estabelecidos pela comunicação: análise formal de uma sequência textual, estatística relativa ao vocabulário utilizado em um texto,

estudo de processos nos quais a língua é colocada em funcionamento por um enunciador, investigação de documentos, entre outros, com o intuito de entender ideias e concepções de diferentes sujeitos.

Assim, neste trabalho, a AC efetiva-se como um método de análise das falas dos docentes no intuito de se descrever e compreender o significado que eles conferem a diferentes conceitos que envolvem a Ciência, o ensino, a aprendizagem, a aprendizagem de conceitos científicos e a prática docente.

Nossa atenção não se concentrou apenas nas falas individuais, mas procurou compreender o modo como grupo de professores de Física, parceiros de nossa pesquisa sobre a realidade escolar, compartilhava suas concepções relativas à docência.

A partir da utilização da AC foi possível identificar e categorizar aspectos comuns do grupo de professores, bem como pensamentos e ideias diferentes.

Na perspectiva de Bardin (2009) a AC da comunicação estabelecida por um determinado grupo possibilita a associação de palavras cujo significado se atribui em função de estereótipos criados socialmente pelas vivências que cada um tem enquanto indivíduo, e enquanto grupo num processo de condicionamento social.

Dessa forma, apesar de estudar um grupo específico, reduzido, podemos entender os resultados como um recorte relativo a um grupo maior, nos quais, podem, em certo grau, ser generalizados.

Para Bardin (*opus cit*), apesar de a AC adotar procedimentos simples, não deixa de ser criteriosa. Segundo a autora, deve envolver, necessariamente, três fases:

- pré-análise e diz respeito ao primeiro contato do pesquisador com o *corpus* da pesquisa realizada. Para tanto, deve ser realizada por meio de leitura flutuante, sem a existência de um foco ou ideia em mente. É somente depois dessa leitura, não antes, que o pesquisador deve formular suas

hipóteses. Recomenda-se ao pesquisador, portanto, um contato direto e intenso com o material a ser analisado de forma a, como destaca Oliveira (2008), atender aos critérios de exaustividade (que envolve a exploração dos dados em sua totalidade à exaustão, esgotando todas as possibilidades de considerar hipóteses de compreensão), de homogeneidade (que envolve a identificação bem- caracterizada, de categorias que dividam o texto em secções de análise), de exclusividade (que permite constatar que existe somente um único elemento para cada categoria criada), objetividade (que permite identificar as categorias de análise independentemente do analista dos dados) e adequação (que garante que as categorias identificadas atendam aos objetivos do estudo);

- exploração do material: diz respeito à leitura do *corpus* com foco centrado nas categorias identificadas na etapa de pré-análise. Como destaca Bardin (2009), deve-se reduzir o texto lido a palavras, termos, expressões cujos, significados são comuns e caracterizam determinada categoria;
- O tratamento dos resultados: diz respeito à categorização, à realização de inferências para interpretar o significado por trás dos estereótipos estabelecidos pelo grupo estudado.

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS.

Como o objetivo de estudar o impacto educacional de laboratórios controlados remotamente no ensino de Física e estudar a maneira como professores de Física da Educação Básica significam esse recurso em suas práticas pedagógicas, desenvolvemos este trabalho, implementando uma pesquisa colaborativa que respeitasse a condição de profissional intelectual dos professores participantes, a fim de juntos estudarmos as possíveis contribuições desse recurso em sala de aula.

Os dados coletados em nossa pesquisa constituem-se de

- a) testes (pré e pós-testes) aplicados a alunos dos primeiros, segundos e terceiros anos do Ensino Médio, de cinco diferentes escolas públicas da Diretoria de Ensino de Guaratinguetá, Vale do Paraíba, interior de São Paulo, antes e após realizarem atividades experimentais, presenciais ou controladas remotamente. Em cada uma das escolas, duas turmas, A e B, realizaram os experimentos, tendo a turma A realizando os experimentos controlados remotamente; e as turmas B os experimentos presenciais. Dessa forma, foi possível analisar, quantitativamente, o desempenho dos alunos com e sem a realização da experimentação, bem como comparar as diferenças de ganho educacional dos alunos que realizaram os experimentos presenciais com aqueles que realizaram os experimentos controlados remotamente;
- b) falas dos alunos e dos professores durante a realização das plenárias. A partir desses dados foi possível analisar qualitativamente o impacto educacional dos experimentos realizados, a partir da argumentação construída pelos alunos;
- c) entrevistas com os professores antes e após a realização das atividades de ensino. Esses dados permitiram a análise da maneira como os professores deram, cada um a seu modo, significado às atividades realizadas.

Seguiremos essa sequência para a apresentação das análises que realizamos.

5.1 ANÁLISE DOS DADOS QUANTITATIVOS DOS PRÉ E PÓS-TESTES REALIZADOS

O desempenho dos alunos após a realização dos experimentos foi significativamente superior ao desempenho deles antes da atividade experimental. Esse resultado confirma a conclusão de que os estudos realizados nos últimos sessenta anos na área de Ensino de Ciências têm confirmado: a atividade experimental é fundamental para o processo de ensino e de aprendizagem de conceitos científicos.

A partir dos gráficos relativos aos alunos do primeiro ano, das cinco escolas em que a pesquisa foi realizada, mostramos como o desempenho dos alunos foi melhor.

Figura 27 – Gráficos sobre o desempenho dos alunos dos primeiros anos A e B das cinco escolas investigadas (continua)

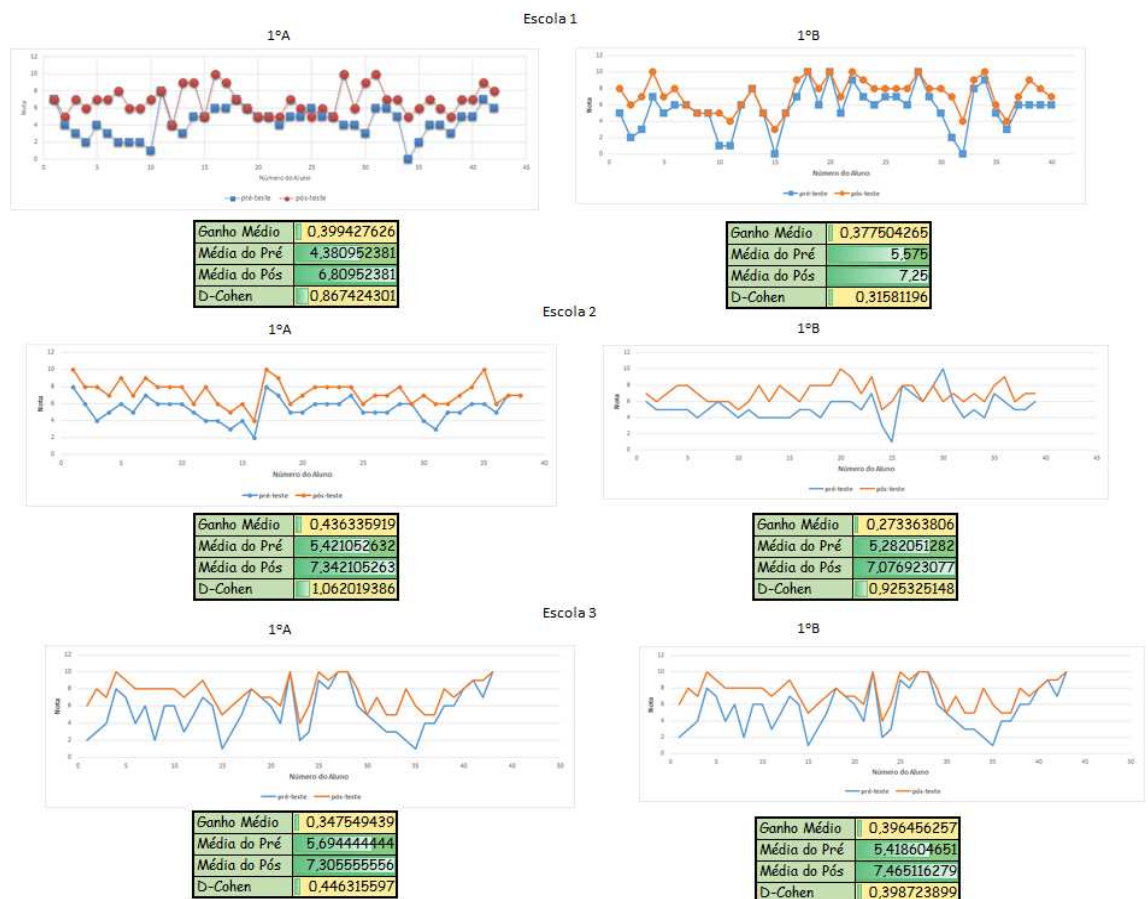


Figura 27 – Gráficos sobre o desempenho dos alunos dos primeiros anos A e B das cinco escolas investigadas

(conclusão)



Fonte: autor

Considerando os critérios de Cohen (1977) e Gery (1972), é possível notar que os ganhos de aprendizagem e a significância da diferença observada entre os dados obtidos nos pré e pós-testes foram bem significativas.

Em todas as turmas, o tamanho efeito da atividade foi maior para as turmas A do que para turma B. Isso indicou que os alunos que realizaram as atividades experimentais controladas remotamente apresentaram um ganho de aprendizagem maior do que aqueles que realizaram a atividade experimental presencial. Destaque para as escolas 1 e 2, onde o impacto das atividades foi forte. Nas demais escolas, observa-se um efeito médio, exceção feita à turma B da escola 5, cujo efeito foi considerado pequeno.

Com relação às turmas de segundos anos, se considerarmos o D-Cohen como critério para análise do tamanho de efeito foi observado o padrão que indica melhor desempenho para os alunos que realizaram a atividade experimental controlada remotamente. Destaques para as

turmas A das escolas 2 e 5, cujo tamanho do efeito pode ser classificado com alto. Contudo, ao levarmos em conta o ganho médio, podemos notar que o resultado é diferente do indicado pelo índice D-Cohen para as escolas 1 e 4.

Como a diferença, nesses casos, é pequena, podemos considerar que ambas as turmas tiveram o mesmo ganho de aprendizagem.

Figura 28 – Gráficos do desempenho dos alunos dos segundos anos A e B das cinco escolas investigadas

(continua)



Figura 28 – Gráficos do desempenho dos alunos dos segundos anos A e B das cinco escolas investigadas

(conclusão)



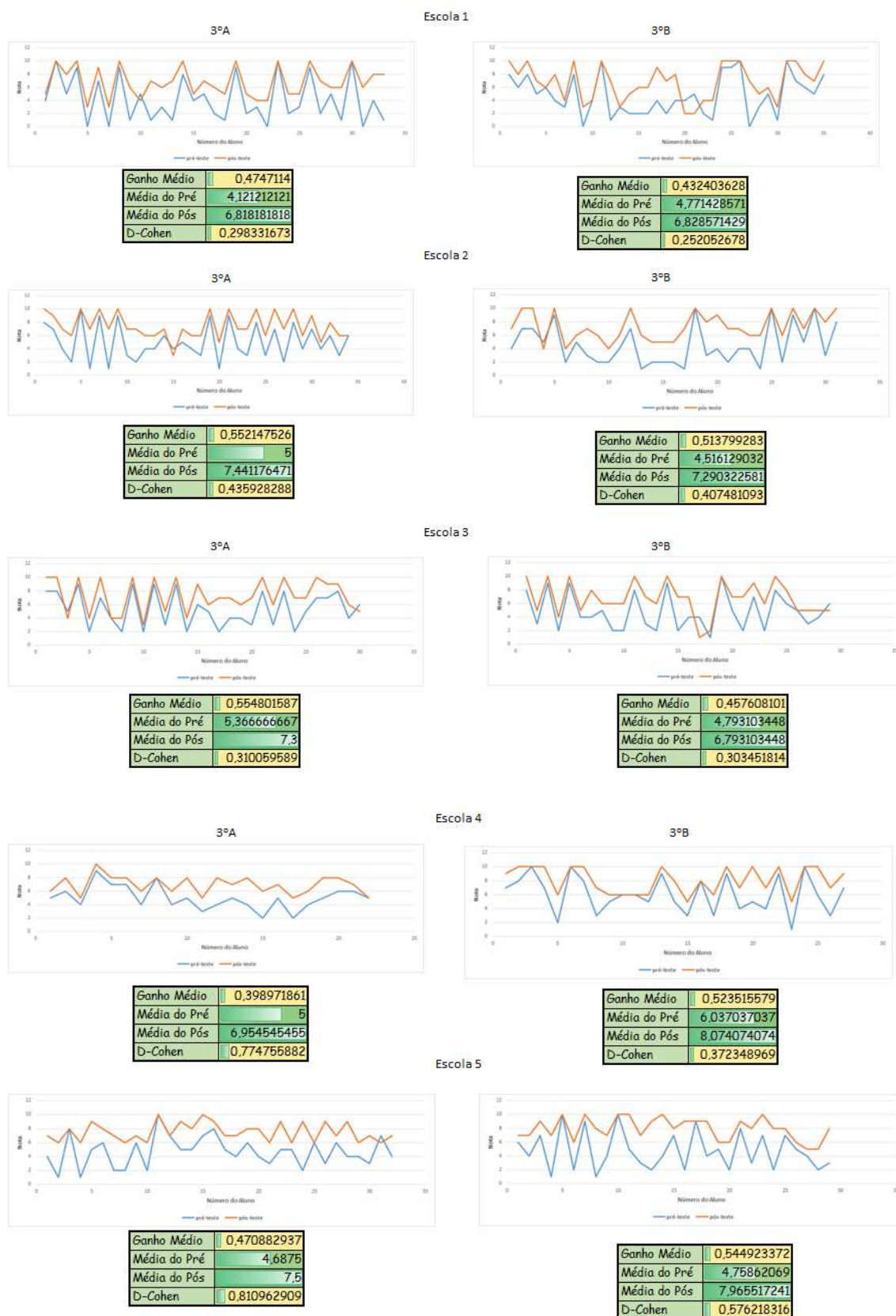
Fonte: autor

Analisando os resultados relativos ao desempenho dos alunos dos terceiros anos, podemos notar novamente um melhor desempenho dos alunos que realizaram as atividades controladas remotamente. Nesse caso, não somente o D-Cohen indica esse aspecto, como também o G de Gery.

Chamou-nos a atenção o pequeno efeito das atividades nas turmas A e B da escola 1. Pelo gráfico, podemos notar que o desempenho no pós-teste foi superior ao desempenho no pré-teste; contudo, quando calculado o tamanho do efeito promovido, tal desempenho é considerado fraco no critério D-Cohen e médio no critério de Gery.

Em relação às demais turmas, os efeitos podem ser considerados médios e fortes, caracterizando a efetividade das atividades experimentais para o processo de ensino e de aprendizagem.

Figura 29 – Gráficos do desempenho dos alunos dos terceiros anos A e B das cinco escolas investigadas



Fonte: autor

O desempenho superior dos alunos após a realização da atividade experimental não se deve ao fato de que ela em si tenha ensinado mais e melhor. Isso se deveu às múltiplas e ricas situações de ensino proporcionadas ao processo de ensino e de aprendizagem, tais como: tornar evidente aquilo que os alunos pensam sobre o mundo à sua volta, possibilitar a criação e a reformulação de modelos e esquemas mentais, a manipulação direta que permite o levantamento, o teste de hipóteses e o consequente estabelecimento de relação de causa e efeito relativo ao fenômeno observado, a interação social efetiva entre alunos e o professor, facilitando o processo de aculturação dos estudantes, o debate e a criação de modelos explicativos e argumentativos, sem falar na motivação que proporcionou.

Destaca-se o fato de que os estudantes, alvo desse estudo, não se submeteram, passivamente, apenas às aulas expositivas sobre o tema a ser apreendido. Todas as aulas se iniciaram com uma pergunta de pesquisa que os motivaram a pesquisar textos, a assistir vídeos-aulas, a debater, a elaborar sínteses e a realizar apresentações sobre o assunto científico a ser estudado. Adotaram, portanto, desde o início, uma postura ativa e interativa que, evidentemente, contribuiu para a melhoria do aprendizado mesmo antes da realização da atividade experimental.

Provavelmente, se tivéssemos aplicado o pré-teste após situações de aprendizagem muito comuns em nossas escolas, limitadas unicamente à exposição do professor, o resultado do tamanho do efeito indicado tanto pelo D-Cohen quanto pelo G-Gery seria bem maior.

A pequena vantagem observada em direção às atividades controladas remotamente, talvez, possa ser explicada pelo fator motivação desencadeado nos estudantes. O fator inovação, nesse caso, chamou a atenção dos alunos. Além de eles não estarem acostumados a adotar um papel mais ativo no processo de ensino e de aprendizagem, os estudantes ficaram bastante interessados e intrigados com o fato de realizarem uma atividade experimental comandando um aparato a distância. Em situações cotidianas, a partir das quais a atividade

controlada remotamente passe a ser uma prática pedagógica comum no contexto de sala de aula, acreditamos que a diferença motivacional causada pelos dois tipos de atividade experimental deva deixar de existir.

De qualquer maneira, do ponto de vista conceitual, podemos admitir, pelos resultados obtidos, que a atividade experimental realizada remotamente oferece oportunidades aos alunos tanto quanto às atividades experimentais realizadas presencialmente.

5.2 ANÁLISE DAS FALAS DOS ALUNOS EM INTERAÇÃO SOCIAL DURANTE A PLENÁRIA.

Tendo em vista a grande quantidade de dados relativas à realização de plenárias com duas turmas de cada uma das cinco escolas, perfazendo mais de quinhentas horas de gravação, optamos aqui por analisar duas turmas de terceiro ano da escola cinco. Essa escolha foi feita tendo em vista o fato de, nessas turmas o professor ter conseguido promover entre os alunos um diálogo mais profícuo.

Aliás, é preciso destacar o fato de termos verificado uma grande dificuldade dos professores em dialogar com os alunos. Na maioria das vezes, os professores concluíam pelos próprios alunos, explicando os resultados obtidos, perdendo a oportunidade de oferecer aos estudantes meios para apresentarem e debaterem suas ideias e conclusões sobre o experimento realizado.

Primeiramente, faremos a análise da interação realizada em plenária da turma A, que realizou o experimento controlado remotamente e, em seguida, a da turma B, que realizou o experimento presencial.

Essa análise foi utilizada na dissertação de mestrado intitulada “Experimento de física controlado remotamente: uma avaliação sobre processo de ensino e de aprendizagem” de autoria de Amira Amaral do Sim, sob nossa orientação, no Programa de Pós-Graduação em

Educação para a Ciência da Faculdade de Ciências da UNESP, *campus* de Bauru.

5.2.1 Análise das interações discursivas dos alunos que realizaram a atividade experimental controlada remotamente

Podemos notar que, na turma em questão, ocorreram diversos turnos de falas em que os alunos explicitaram suas conclusões a partir dos dados obtidos, reforçando-os por meio do uso de qualificadores modais:

6 – **Aluno 1** – Quanto mais brilhante a lâmpada, mais potência dissipada. Quanto mais fraca ela estiver, menos potência ela dissipa.

10 – **Aluno 2** – A gente aqui concorda sim, mas a gente também queria falar da corrente elétrica: quanto mais corrente, mais acesa a lâmpada vai ficar.

23 – **Aluno 4** – A gente acha que é a potência mesmo. A lâmpada mais brilhante vai ser a que vai gastar mais potência.

41 – **Aluno 5** – É... depende... Eu acho que depende do brilho. Aquela mais brilhante é a que está passando mais corrente.

Os qualificadores modais ficam bem caracterizados pelo uso de advérbios. Os mais utilizados são os de intensidade, por exemplo: “mais fraca, menos potência, mais forte, mais potência, mais corrente, menos corrente”.

Os alunos então foram capazes de perceber, pela intensidade do brilho das lâmpadas, que a potência dissipada estava relacionada com a corrente elétrica.

Foi interessante notar as falas do aluno 10 que, em diferentes turnos, faz uma contraposição à linha de raciocínio estabelecida até então:

67 – **Aluno 10** – Professor, eu tenho uma pergunta: mas como pode o paralelo gastar mais se uma das lâmpadas está apagada?

69 – **Aluno 10** – Eu acho que não pode. Em casa, quando a gente quer economizar energia, a gente apaga a luz. Não faz sentido ter luz apagada e gastar mais.

O aluno 10 faz um questionamento interessante e se utiliza de um argumento fundamentado em dados e corroborado com qualificador modal para dar força ao seu ponto de

vista. É interessante que ele não só põe em xeque a linha argumentativa até então estabelecida, como também propõe uma conclusão diferente: levantam a hipótese de que o circuito em paralelo dissipa potência tanto quanto o circuito elétrico misto.

O qualificador modal utilizado pelo aluno 10 foi “como pode?”. Esse termo poderia ter sido substituído por outro advérbio de dúvida, como, por exemplo, “acaso é possível?”; “tal situação é provável?”; “quicá isso pode ocorrer?”

Em outro momento, o aluno 10 levanta outra hipótese e chega a uma conclusão relacionando-a com os dados obtidos, estabelecendo uma garantia:

72 – **Aluno 10** – Isso eu sei. Mas não faz sentido. Entendeu? Não poderia ser que o circuito misto gaste mais?

74 – **Aluno 10** – Porque é tipo, assim, olha: o circuito em paralelo não acende uma lâmpada, e no misto todas acendem.

76 – Eu sei, mas então não pode ser igual? Porque as duas fraquinhas não dá uma forte, e aí, com a outra forte, dá o mesmo que o paralelo.

Assim, diferentemente dos argumentos anteriores, que relacionavam dados para confirmar uma conclusão a partir deles, o aluno 10 se utiliza de um qualificador modal para chegar à sua conclusão. Essa fala auxiliou a possibilidade de outra conclusão mais elaborada (construída pelo aluno 3 e pelo aluno 4): pode haver um circuito elétrico dissipando mais potência mesmo que uma lâmpada esteja apagada, desde que as demais, que estejam acesas, gastem mais proporcionalmente do que outros nos quais as lâmpadas estejam menos brilhantes. Assim sendo, como destacado por Popper (2013) em sua teoria do holofote, não foram, exatamente, os dados experimentais que levaram à percepção de uma possível incoerência teórica, mas a compreensão do próprio conceito exigiu um refinamento do modelo explicativo da teoria.

116 – **Aluno 3** – É que a corrente é mais importante porque está ao quadrado.

117 – **Professor**: Isso você não esquece, hein? (Rsrsrsrs)

117 – **Alunos**: rsrsrsrsrs

118 – **Professor:** Tudo certo, então? Alguém tem alguma coisa diferente para falar?

119 – Silêncio.

120 – **Aluno 3** – Não, professor, não é isso. É que como a corrente é muito alta nesse caso, compensa a lâmpada que não acende. Os outros circuitos, as lâmpadas ficam tão fraquinhas que não gasta tanto menos com uma lâmpada a mais.

121 – **Professor:** E aí, 10? Concorda?

122 – **Aluno 10** – Mais ou menos.

123 – **Aluno 2** – Eu acho que, se a gente juntar as duas correntes, vai ficar mesmo igual mesmo, como ele falou (refere-se ao aluno 10). Mas aí não é mais misto.

124 – **Professor:** Como assim?

125 – **Aluno 2** – Para corrente ser a mesma numa lâmpada, só aí vai virar um circuito diferente. Não vai ser mais misto.

126 – **Professor:** Concorda com ele, 10?

127 – **Aluno 10** – Eu não entendi o que ele disse.

128 – **Professor:** Ele está dizendo que você deve pensar na resistência equivalente e não na individual, senão vai virar outro circuito. Entendeu?

129 – **Aluno 10** – Mais ou menos.

130 – **Aluno 6** – Você disse que, se passar a corrente só numa lâmpada ele vai acender forte como o paralelo, mas aí vai ser paralelo, não vai ser mais misto.

No caso o turno 132, nota-se que o aluno 4 extrapola os dados obtidos em sala de aula, assim o como fez o aluno 10. Ele cita o exemplo do aparelho de ar-condicionado, e o aluno 10 fala das lâmpadas de sua casa. Isso evidencia a função exercida pelo experimento no sentido contextualizar o problema abordado e proposto pelo professor.

Em outros turnos, o professor chama a atenção para a questão do conceito de resistência equivalente e, mais uma vez, podemos observar a importância do experimento para a compreensão dos alunos:

132 – **Aluno 4** – A gente pode apagar todas as luzes de casa, mas, se ligar um aparelho de ar-condicionado, que puxa mais corrente, vai gastar mais.

Em função da compreensão desse conceito, os estudantes conseguem estabelecer uma nova conclusão em função dos dados obtidos pelo experimento:

97 – **Aluno 5** – Cada tipo de circuito vai ter uma resistência total diferente.

98 – **Aluno 4** – É! A resistência equivalente.

99 – **Professor:** Isso mesmo. Muito bom. Todos entenderam?

100 – Silêncio.

101 – **Professor:** Gente, vamos calcular a resistência equivalente para todos? Vamos calcular aqui na lousa. Vamos fazer juntos. Como é que fica aqui? Me ajudem.

102 – O Professor faz o cálculo da resistência equivalente para todos os circuitos.

103 – **Aluno 5** – A resistência do paralelo é a menor de todas.

104 – **Professor:** E o que isso quer dizer?

105 – **Aluno 5** – Que a corrente é maior.

106 – **Professor:** Mas por quê?

107 – **Aluno 5** – Porque ele vai ter menor resistência para o movimento dos elétrons.

108 – **Professor:** Isso. Mas tem essa fórmula de potência Ri^2 . Como é que fica se R , no paralelo, é menor?

109 – **Aluno 3** – Porque a corrente está ao quadrado, e aí tipo (...) o valor da corrente alto meio que compensa o valor da resistência menor.

110 – **Aluno 6** – E tem a outra fórmula $P = Vi$. Se a corrente é grande a potência é maior.

111 – **Professor:** Certo. É isso mesmo.

112 – **Aluno 2** – E tem que a resistência no paralelo é menor porque tem uma lâmpada que não acende. Aí não entra na conta.

Nesses turnos, verifica-se a obtenção dos dados (a resistência do circuito em paralelo é a menor de todas), a relação com a conclusão (portanto a corrente é maior), o estabelecimento de um qualificador modal, a partir do uso de um advérbio de intensidade (resistência menor para o movimento dos elétrons) e o uso do conhecimento básico (a fórmula de potência Ri^2 , nesse caso, mesmo que a resistência seja menor, a corrente maior compensa um valor menor de R). O uso da garantia vem da citação de que a conclusão estabelecida para $P = Ri^2$, vale, também para o caso $P = Vi$.

Em outra sequência de turnos, os alunos discutem, com o professor o conceito de efeito joule, relacionando-o com a potência dissipada. Mais uma vez há a extrapolação dos dados obtidos na experiência para situações do cotidiano dos estudantes que foi utilizada para dar ênfase ao argumento obtido:

136 – **Professor:** Pensem no significado de corrente elétrica e na ideia do efeito joule, ou seja, energia elétrica sendo transformada em calor. Lembram do atrito que eu falei?

137 – **Aluno 3** – É que a corrente elétrica, quando passa, são os elétrons que estão passando ali e a resistência é como um atrito. Ai esquenta.

138 – **Professor:** Esquenta, é?

139 – **Aluno 6** – Esquenta. Aposto que aquelas lâmpadas ali estão fervendo.

140 – O aluno aponta a lâmpada mais brilhante.

141 – **Professor:** Vai perder, hein? Como você sabe que está quente?

142 – **Aluno 6** – Porque eu já troquei lâmpada acesa. Queima a mão. Tem que esperar esfriar.

Notamos, assim, a presença de outros elementos da argumentação proposta por Toulmin (2001), na fala dos estudantes: destacam-se a garantia (W) e o conhecimento básico (B).

O conhecimento básico utilizado é o que se refere ao efeito joule já explicado pelo professor em outras aulas e novamente destacado por ele trazendo-o para a discussão experimental. Os alunos concluem que houve aumento da temperatura da lâmpada (do resistor no caso), tendo em vista a resistência oferecida à passagem dos portadores de carga elétrica. Apesar de o experimento não apresentar a possibilidade de certificar-se do aumento da temperatura, o aluno conclui, por lógica indutiva, que isso ocorre.

A ocorrência desse fato chama a atenção para a possibilidade de se instalar sensores de temperatura próximos às lâmpadas, para que os estudantes possam certificar-se da variação dessa grandeza. Isso seria útil também à experimentação sobre a Lei de Ohm, evidenciando que ela apresenta limitações para resistores ôhmicos (com resistores sem variação de temperatura). Assim, para o início do experimento, enquanto a lâmpada está com temperatura baixa a Lei de Ohm seria verificada. Porém, à medida que a temperatura aumenta, o gráfico de tensão por corrente não será mais linear.

Quanto a esse aspecto, assim como na turma do 3º B, isso poderia ter sido utilizado como elemento de refutação na argumentação, contudo, nem os alunos, nem o professor levaram em conta esse detalhe.

Entre os turnos 143 e 147, o professor avalia a compreensão dos estudantes solicitando que eles, mais uma vez, extrapolem os dados experimentais obtidos e estabeleçam relações com seu cotidiano, propondo a reflexão sobre o uso de lâmpadas frias:

143 – **Professor:** Certo. Mas tem as lâmpadas frias.

144 – Silêncio.

145 – **Aluno 10** – É porque essas lâmpadas incandescentes têm que esquentar, e as lâmpadas frias não precisam.

146 – **Professor:** Aí a corrente vai ser baixa?

147 – **Aluno 3** – Aí vai, não é? Por isso economiza, gasta menos

O aluno 10 corresponde à expectativa do professor e consegue estabelecer uma conclusão com auxílio do aluno 3 (lâmpadas incandescentes precisam aquecer, por isso gastam mais, enquanto que lâmpadas frias não aquecem, então gastam menos), a partir de dados, utilizando-se de qualificador modal (a corrente é menor) e conhecimento de base (como a potência dissipada é proporcional à corrente, então é alta na lâmpada incandescente e baixa na lâmpada fria).

A seguir, analisaremos os dados relativos às falas dos alunos do 3 ano B na plenária.

5.2.2 Análise das interações discursivas dos alunos que realizaram a atividade experimental presencial

A interação dialógica de avaliação dos resultados do experimento presencial convencional contou com a participação dos alunos e trouxe evidências de construção de argumentação.

Do ponto de vista dos elementos propostos por Toulmin (2001) os estudantes foram capazes de estabelecer conclusões a partir dos dados experimentais obtidos:

1 – **Professor:** Vamos começar a nossa conversa sobre a experiência que fizemos. Vamos começar por esse grupo aqui. Qual dos circuitos elétricos dissipou mais potência?

2 – **Aluno 1** – A gente aqui achou que foi o circuito paralelo porque foi nele que as lâmpadas acederam mais.

6 – **Aluno 4** – O nosso grupo aqui concordou que era o paralelo, mesmo porque as lâmpadas ficam acesas muito fortes. Não dá para ter nenhuma dúvida.

Houve conclusões construídas a partir da indução e da relação com a experiência cotidiana do estudante, extrapolando os dados experimentais obtidos no experimento. Isso pode ser observado pelo excerto a seguir:

9 – **Professor:** Certo. Mas o que é que tem acender mais forte e dissipar mais potência?

10 – **Aluno 6** – Vai gastar mais energia elétrica porque vai esquentar mais também.

11 – **Professor:** Você falou uma coisa diferente agora. Disse que vai esquentar mais como você sabe?

12 – **Aluno 6** – Põe a mão lá só para você ver. Só se esfriou agora.

13 – **Professor:** Por que você acha que fica assim?

14 – **Aluno 6** – Porque essas lâmpadas ficam quentes mesmo. Já troquei algumas em casa. Tem que desligar primeiro porque elas esquentam bem.

15 – **Aluno 8** – Não são lâmpadas frias, elas esquentam, sim

Assim sendo, o experimento não funcionou apenas para contextualizar situações de definição e compreensão de conceitos teóricos, mas também para invocar relações de generalização, a partir das quais os estudantes puderam pensar os conceitos aproximados a seu cotidiano.

Do ponto de vista do uso de qualificadores modais, os estudantes também fizeram uso desses elementos:

48 – **Professor:** E aí, gente? Quem tem menor resistência?

49 – **Aluno 9** – É o paralelo. E o que tem menor é o em série. Por isso o paralelo gasta mais potência e o em série menos.

50 – **Professor:** Então a potência é maior quando?

51 – **Aluno 9** – Quando a corrente é maior e a resistência é menor.

Os qualificadores modais (Q) utilizados pelos estudantes na interação descrita, são relacionados aos seguintes advérbios de intensidade: maior, menor, gasta mais, gasta menos. É possível notar a relação estabelecida pelos estudantes não apenas entre a intensidade

luminosa das lâmpadas com a intensidade da corrente e a potência dissipada, como também entre esses elementos e as diferentes configurações dos circuitos elétricos.

O uso de garantias (W) e de conhecimentos básicos (B) também aparece na argumentação construída pelos estudantes:

89 – **Professor:** Então? O que você conclui?

90 – **Aluno 2** – Aquilo que eu já tinha dito antes, o paralelo gasta mais energia.

91 – **Professor:** Como você conclui isso? Explica melhor com os resultados dos cálculos e a fórmula da potência.

92 – **Aluno 2** – Então, a potência dissipada, é... Vou pegar essa fórmula aqui: $P = Vi$. A voltagem total é igual para todos os casos, e a corrente total para o paralelo é maior; então a potência vai ser maior.

No excerto acima é possível notar que o aluno 2 conclui que o circuito paralelo dissipa mais potência elétrica a partir dos dados relacionados ao brilho das lâmpadas. Utiliza como garantia o fato de a corrente ser maior nesse tipo de circuito; como conhecimento de base, recorre à equação que calcula a potência dissipada a partir da tensão e corrente elétrica.

Durante o processo de interação, o aluno 11 utiliza o conhecimento de base para questionar a conclusão estabelecida. Nesse caso, os dados obtidos (o brilho das lâmpadas) pareciam ao aluno não concordar com a teoria. Isso foi utilizado pelo professor para dirimir a dúvida:

95 – **Aluno 11** – Professor, e se a gente usar a outra fórmula?

96 – **Professor:** E daí? O que é que tem?

97 – **Aluno 11** – A potência depende da resistência também ;aí não é menor no paralelo?

98 – **Professor:** Certo. Veja o cálculo da corrente total nos três circuitos.

99 – **Aluno 11** – Eu já entendi.

100 – **Professor:** Certo, então ajuda a gente entender. Explica o que você entendeu.

101 – **Aluno 11** – A corrente é maior.

102 – **Professor:** E daí? Mas a resistência é menor.

103 – **Aluno 11:** Mas a conta da potência dá que ela é maior.

104 – **Professor:** Como assim?

105 – **Aluno 11** – É que, quando você joga na fórmula da potência ela vai dar

maior.

106 – **Professor:** E por que?

107 – **Aluno 11** – Porque a corrente vai estar ao quadrado; aí depende mais da corrente.

108 – **Professor:** É isso mesmo. Todos entenderam?

Mais uma vez o experimento teve um papel importante. A dúvida conceitual do aluno sobre a equação só lhe saltou aos olhos não apenas porque estava em desacordo com o dado experimental observado (o brilho das lâmpadas), mas, fundamentalmente, pela discussão estabelecida entre o professor e o aluno 2.

Como bem destaca Gonçalves (1997), Praia *et al* (2002) e Monteiro e Teixeira (2006), a atividade experimental deve ser tal que permita levantamento e testes de hipóteses, construção de argumentos que justifiquem os dados obtidos; enfim, interações sociais ricas que não somente permitam a compreensão conceitual como também a natureza da Ciência e do fazer científico.

O único elemento da argumentação do modelo de Toulmin (2001) que não foi contemplado na trajetória dialógica dos alunos foi a refutação. Ele poderia ter ocorrido se uma discussão mais ampla em torno da 1ª Lei de Ohm se efetivasse mais amplamente debatida. Como o resistor esquentou, houve variação da resistência de cada resistor, e isso poderia ter sido levantando como um limitador da validade da teoria.

Comparando ambos os experimentos – em termos de oferecer situações que permitam interações sociais importantes para a compreensão do fenômeno por parte alunos e de estimular a construção de argumentos –, podemos verificar que tanto um como outro cumpriram seu papel.

Ambas as atividades não só permitiram a contextualização conceitual do que foi apresentado teoricamente pelo professor quanto ofereceram meios para o estabelecimento de relação causa-efeito, já que, pela manipulação direta ocorrida durante a realização do experimento, podia-se observar, de imediato, um efeito em seu funcionamento. Assim sendo

ambas cumpriram aquilo que é preconizado por Gonçalves (1997) e Monteiro e Teixeira (2006) quando enfatizam a necessidade de que experimentação possa contribuir para o ensino de Física, sendo mais explicativo do que descritivo.

É importante destacar que as duas experiências permitiam diferentes direcionamentos, os quais foram explorados pelo professor.

5.3 ANÁLISE DAS ENTREVISTAS REALIZADAS COM OS PROFESSORES ANTES E DEPOIS DAS ATIVIDADES REALIZADAS PELOS ALUNOS

Após uma primeira leitura das falas transcritas dos professores, construímos uma tabela a partir de três grandes temas que intencionávamos investigar: as concepções dos professores relativas ao processo de ensino e de aprendizagem, à natureza da Ciência e da maneira como se deve ensinar Ciências, ao uso das tecnologias em sala de aula

Tabela 4 – Categorias e subcategorias estabelecidas para análise das falas dos professores de Física

(continua)

CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS	EXCERTOS DAS FALAS DOCENTES
Concepção de ensino e de aprendizagem	Busca de uma receita de como ensinar	“Eu acho que o que está faltando é motivação para aprender. Os alunos não têm ânimo nenhum. Eu chego em sala de aula, e eles estão com uma má vontade... Acho que o experimento pode resolver isso.” “Na faculdade a gente aprende bem a Física. A gente é bastante cobrado para saber Física. Agora, a parte de ensino é muita teoria. Um pedagogo, sabe? Sei que é necessário, mas falta a parte prática de como ensinar...”
	Existência de um ensino “correto” que leva à aprendizagem	“Mas aí (refere-se ao aluno não ter aprendido mesmo que o professor tenha ensinado) o problema foi o aluno que não prestou atenção, não realizou todas as etapas que você mandou ele passar”. “Ou então o professor não ensinou direito. Tem muito professor que ensina de qualquer jeito, não detalha as coisas. Mas, se ensinar direito, o aluno aprende”.
	Ideia de competência docente baseada na racionalidade técnica	“Acho que ,além de dominar bem que vai ensinar, tem que ter domínio de técnicas didáticas”. “Não adianta saber tudo sobre Física, tem que ter Didática também.” “Existem pessoas que têm o talento para ensinar, é da pessoa, mas existem as técnicas de ensino que ajudam muito um

Tabela 4 – Categorias e subcategorias estabelecidas para análise das falas dos professores de Física

(continuação)

CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS	EXCERTOS DAS FALAS DOCENTES
		professor a passar aquilo que sabe.” “No fim das contas, a Física é difícil mesmo. Por mais que você tenha um professor bom, que saiba, domine as técnicas, tem aluno que não vai...”
	Aluno como tabula rasa	“O aluno não fala nada que presta, não é? Porque bobagem fala até pelos cotovelos...” “Acho que tem até algum aluno que falaria alguma coisa, mas, em geral, não se aproveita nada...” “Os alunos precisam primeiro de conteúdo para falar...” “Não sei, professor. Não sei se essa geração é assim mesmo, ou se é somente os da escola pública que não têm estímulos que ficam assim. Parece que precisam de vermífugo!”
Concepções sobre Ciência e ensino de Ciências	Cientificismo	“A Ciência foi e é muito importante. Sem ela o mundo não teria evoluído...” “A Ciência resolveu e continua resolvendo os problemas que surgem...” “Eu acho que existem situações em que o congresso não deveria votar leis. Quem deveria dar a palavra final deveria ser os cientistas...” “(...) o caso do uso de alimentos transgênicos, por exemplo. O que os deputados entendem? São os cientistas que deveriam resolver isso...”
	Empirismo	“Acho que as experiências levam o cientista a ver o que uma observação não estruturada, organizada, não consegue ver. Então, não é que o cientista inventa, ele descreve o que a experiência mostra.” “O cientista observa o experimento e dali ele tira suas conclusões. Não tem nada de criação, de inspiração, tem de observação, experimentação, de cálculos matemáticos...”
	Aprendizagem de Física não é para todos	“Só ficaria ali quem tivesse jeito mesmo para as Ciências Exatas.” “(...) tinha que estudar mesmo até a Física entrar no sangue, entendeu?” “(...) sei lá, acho que no fim é porque a Física é difícil mesmo, não é para qualquer um, e tem a galera que não estuda mesmo.”
	Foco na aprendizagem de conceitos	“Se aprender a Física já se torna crítico, pois vai aprender a pensar, a raciocinar...” “formar o cidadão consciente na Física, que exige seus direitos, é ensinar Física de maneira contextualizada, em acho. Se eu ensinar resistor, talvez o aluno não estabeleça relações úteis, mas, se eu falar do resistor do chuveiro, ele vai entender como um chuveiro funciona e não vai ser enganado na conta de luz, pelo eletricista, etc.” “Para ser sincero, eu acho que essa coisa do cidadão que exige seus direitos, consciente, crítico, vai de pessoa para pessoa. Eu mesmo não sou assim. Se eu não fico feliz com uma loja, eu não

Tabela 4 – Categorias e subcategorias estabelecidas para análise das falas dos professores de Física

(conclusão)

CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS	EXCEROTOS DAS FALAS DOCENTES
		reclamo, eu apenas não compro mais lá. É meu jeito assim.” “Acho que Física torna o aluno mais capaz de pensar, de ser lógico. Isso de atuar na sociedade, reclamar, exigir direito, deve ser ensinado em outras disciplinas...” “Já tem tanta coisa para aprender em Física... Já é tão difícil para o aluno entender conceitos, as equações. Se aprender isso já está bom...”
Concepção sobre o papel das tecnologias no ensino de Ciências	Instrumento de motivação	“(...) hoje ensinar é muito difícil, a concorrência é muito desleal. Hoje o aluno tem mil fontes de motivação, e na escola não tem nada.” “Acho que o uso das tecnologias vai ajudar muito a motivar os alunos, porque o computador faz parte da vida deles.” “Eu acho que o laboratório remoto assim como as simulações computacionais ajudam a motivar mais os alunos para aprender.” “Normalmente eu mostro umas animações de computador, umas simulações para motivar os alunos a se interessarem por aquilo que vou ensinar. É mais chamativo para eles.”
	Descrença na efetividade dos recursos	“Acho que ensinar, não (as tecnologias); mas acho que motiva eles para aprender, para aprofundar.” “Os alunos vão adorar o laboratório remoto, mais do que o presencial. Mas acho que vão aprender mais manuseando o experimento”. “O laboratório presencial tem gosto, tem cheiro, tem a coisa do presente mesmo, o próprio nome diz. No caso do laboratório remoto e da simulação é algo mais imaginário, parece que falta realidade, mas acho que ajuda, sempre ajuda.” “Se não tiver o presencial, acho que o laboratório remoto serve, é muito legal, mas não é a mesma coisa de estar ali presente, diante dos seus olhos, ao alcance de suas mãos”.
	Falta de apoio institucional	“Na escola é difícil. Os computadores nem sempre funcionam, tem que agendar, é burocrático.” “Usar as tecnologias não é fácil porque a gente não tem apoio da direção.” “Não tem treinamento. Os professores até querem, acham importante, mas não sabem.” “Dá bastante trabalho, porque nem sempre aquilo que funciona no seu computador funciona no computador da escola, tem que instalar isso, aquilo, tem que organizar antes. Dá muito trabalho, e a gente não tem apoio.” “Sei que utilizar a internet é muito importante, muito útil, e eu gosto de usar. Mas não tem projetor suficiente na escola, porque, se somente os alunos acessarem, a gente não tem controle em que sites eles vão entrar”

Fonte: autor

Os professores demonstraram ter uma crença de que há uma receita “certa” sobre como ensinar e de que, portanto, há um ensino tido como “correto”, que conduz diretamente o aluno à aprendizagem. Talvez isso seja consequência do uso constante da expressão “processo de ensino-aprendizagem”, que faz o professor estabelecer uma relação direta entre ensinar e aprender.

Essa crença dificultou o estabelecimento de discussões relativas ao fato de que, em uma sala de aula, há alunos com diferentes perfis de aprendizagem e que, portanto, exigem a adoção de uma variedade de metodologias, recursos e técnicas de ensino.

Em certa medida, outra consequência dessa crença levou os professores a entenderem os alunos como tabula rasa, ou seja, a não acreditarem que eles tragam conhecimentos, ideias, conceitos que, à maneira de cada um, explicam os fenômenos naturais que fazem parte de seus cotidianos e que, portanto, concorrem com as explicações científicas que lhe são apresentadas, devem, por isso, ser considerados nos processos de ensino e de aprendizagem de conceitos científicos.

Ao nosso ver, os professores, ao imporem aos estudantes um único método de ensino, não atendem às expectativas dos diferentes estilos de aprendizagem dos alunos, dificultando a eles exporem suas concepções acerca do fenômeno que está sendo estudado; daí a constatação dos docentes de que os alunos não trazem qualquer bagagem que deva ser considerada em sala de aula.

Outro aspecto que nos chamou bastante a atenção diz respeito ao fato de os professores não valorizarem, em suas aulas, dimensões educacionais que vão além do ensino de conceitos científicos, como, por exemplo, o desenvolvimento de habilidades e competências críticas e conscientes para a atuação na sociedade.

Para os professores, esse tipo de conteúdo de ensino diz respeito a outras disciplinas e

não ao ensino da Física, que deve priorizar a aprendizagem de conceitos, bem como o desenvolvimento de capacidades cognitivas que permitam aos estudantes modelarem matematicamente os fenômenos estudados. A partir dessa perspectiva, acreditam que os estudantes, naturalmente, desenvolverão competências lógicas, racionais, que irão torná-los cidadãos críticos e conscientes:

Mediador: Ok. Muito boa a discussão. Mas eu quero voltar à ideia do aprender. Aprender Ciência é diferente de aprender outro tipo de conhecimento?

Professor 1 – Acho que sim. Acho que aprender Física envolve mais lógica, raciocínio, enquanto que as matérias de humanas, por exemplo, é mais sensibilidade, criatividade.

Silêncio (todos parecem concordar com a opinião).

Mediador: Certo, mais ninguém quer falar sobre isso? Você aqui que falou pouco, gostaria de ouvir sua opinião.

Professor 3 – Acho que é isso mesmo. Cada disciplina ensina mais habilidades do que outras. Dá mais ênfase do que outra.

Professor 5 – Acho que já falamos bem sobre isso na outra reunião. Essa coisa de ser crítico e reclamar, por exemplo, no Português, fica mais fácil de ensinar como falar, como escrever uma reclamação, enfim, sei lá... É típico dessa matéria. Em Física, já está mais voltada para desenvolver a observação, a descrição, a lógica, o raciocínio, o cálculo. Sabe... Não cabe muito, não tem espaço e nem tempo.

Professor 3 – As aulas de Física são duas por semana. Nessas duas tem que caber as aulas, a avaliação e ainda essas discussões? Quando que ensina Física? A Física já é difícil, os alunos reclamam; no vestibular é aquele festival de zeros. Acho que a gente deve mesmo deixar essa coisa de formar para cidadania para outras disciplinas que tem mais aulas e que o conteúdo a ser ensinado tem mais a ver com isso.

A partir desse ponto de vista, os professores enfatizam, em suas práticas pedagógicas, somente a dimensão conceitual, deixando de lado as dimensões procedimentais e atitudinais.

Mediador: Como fica o desenvolvimento de procedimentos e de atitudes?

Professor 1 – Essas coisas os alunos tem que vir de casa. Minha tarefa é ensinar Física que já é difícil se o aluno vem motivado, com sangue no olho para aprender. Agora ele chega aqui sem vontade, sem ânimo, sem atitude, sou eu, o professor que tem que desenvolver essas atitudes nele?

Professor 2 – Eles (os alunos) têm que vir para nossas aulas preparados para respeitar o professor, os colegas, preservar o patrimônio público e com garra para aprender. Eles não têm a menor garra...

Mediador: Mas vocês não acham que eles precisam aprender essas coisas?

Professor 4: Mas tem de vir de casa assim, por isso a gente precisa do apoio dos pais.

Professor 5: Garra? Os alunos não têm ânimo. E vêm sem saber nada, sem pré-requisitos. Para o senhor ter uma ideia, eles não sabem nem sequer tabuada. Imagine!

Os professores apresentam, também, uma forte concepção científicista. Para eles, não há aspectos negativos na Ciência; ao contrário, e por isso, os conteúdos científicos são trabalhados em sala de aula como verdades únicas e absolutas.

Mediador: Vocês já pensaram em para que serve a Física se o aluno não for estudar em curso de Ciências Exatas?

Professor 3 – A Física é a base do mundo em que vivemos. Tudo tem Física. Se a gente não sabe Física, não entende o mundo em que a gente vive.

Professor 4 – Em qualquer profissão, saber raciocinar, pensar logicamente, objetivamente, é fundamental, e a Física desenvolve isso naturalmente nos alunos.

Mediador: Mas será que um cientista sempre pensa corretamente? Não há impactos negativos da Ciência na sociedade?

Professor 5: Eu acho que não é a Ciência que traz impacto negativo na sociedade, mas o seu mau uso. A Ciência sempre traz o progresso.

Mediador: Mas, e a poluição? E as armas nucleares?

Professor 2: Mas isso não é a consequência da Ciência, mas do seu mau uso. O cientista sempre busca resolver o problema da sociedade.

Como consequência desse cientificismo, os professores desenvolvem uma concepção bastante empirista, que se manifesta fortemente em suas convicções pedagógicas quanto à importância da experimentação para a aprendizagem de seus alunos:

Mediador: E qual é o papel da experimentação na construção do conhecimento científico?

Professor 5 – É o papel mais importante porque é por ela que o cientista vai estudar, observar. Enfim, vai verificar as Leis.

Mediador: Todos concordam?

Silêncio

Professor 1 – Acho que é isso mesmo, as experiências levam o cientista a ver o que uma observação não estruturada, organizada, não consegue ver.

Professor 3 – Achei estranho o texto dizer que o cientista inventa explicações. No meu modo de entender, o cientista observa o experimento, e dali ele tira suas conclusões. Não tem nada de criação, de inspiração, tem de observação, experimentação, de cálculos matemáticos...

Mediador: Mas a experiência não fala, não diz nada. O que ela faz é, no máximo, dar indícios positivos ou negativos para as ideias que o cientista tinha antes da experiência. Concorda?

Professor 3 – Como assim?

Mediador: Se você coloca um termômetro na sua montagem experimental, é porque você já tem em mente que o fenômeno estudado está relacionado com variação de temperatura. Certo? Você não coloca o termômetro à toa. E isso é porque você tem uma ideia de como a coisa ocorre.

Professor 3 – Certo. Isso são as hipóteses.

Mediador: Isso. E as hipóteses não são ideias anteriores que o cientista tem antes de realizar experimento? Entendeu?

Professor 3 – Entender eu entendi, mas não sei se concordo.

Professor 2 – Tudo bem, mas, se a temperatura não variar, o cientista teve sua ideia reprovada pela experiência.

Mediador: Isso é discutível, mas vamos deixar isso para mais tarde. E daí? O que acontece depois disso? O cientista não tenta inventar uma outra explicação que dê conta dos dados que ele obteve? Se ele faz isso, ele inventa, não descobre. Não é?

Silêncio

Professor 1: Mas o que isso tem a ver com o que a gente vai fazer na sala de aula?

Mediador: Essa é uma boa pergunta. O que fazer com o experimento em sala de aula? A gente dá experiência para o aluno fazer; e daí?

Professor 1: Aí ele vai se motivar, vai ficar mais interessado e vai observar as coisas que a gente já falou antes.

Mediador: Vocês acham que é isso mesmo que vai acontecer? Basta eles fazerem a experiência, e eles vão ver o que vocês explicaram?

Professor 2: A gente ajuda eles a ver. É como falar, explicar a teoria e mostra-la ao vivo, a cores.

Professor 3 – É matar a cobra e mostrar o pau. (Risos).

A partir dessa maneira de pensar, os professores não consideram a importância de ouvir as hipóteses que os alunos poderiam levantar e não atentam para o que tipo de reação possível ante uma negativa do resultado experimental.

Pensando a partir dessa concepção empirista, a atividade experimental não é utilizada para fazer o aluno pensar, criar novos esquemas mentais visando elaborar explicações que justifiquem os dados obtidos, discutir diferentes pontos de vista. Ao contrário, na visão dos professores, há uma única verdade a ser ensinada, e a prova dessa verdade é obtida com o veredicto experimental.

Agindo assim, os docentes não abrem espaços para a exposição das ideias dos alunos, impedindo que os estudantes desenvolvam uma linha de pensamento lógica e racional e nem compreendam a linha adotada pela comunidade de cientista ao considerar determinada tese como verdade científica.

Dessa maneira, do ponto de vista atitudinal, é difícil considerar, em sala de aula, oportunidades para educar os estudantes quanto à importância da multiplicidade de opiniões, do respeito ao pensamento de outrem e do desenvolvimento de um sentimento de tolerância e aceitação ante as diferenças.

Enxergar esses aspectos seria de suma importância para os professores serem capazes de entender as dimensões educativas que podem e devem ser trabalhadas nas aulas de Física, paralelamente à compreensão de conceitos.

Com relação à utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) no ensino em sala de aula, os docentes não acreditam muito em sua eficácia para que os alunos compreendam os conceitos científicos. Para eles, a grande contribuição das TICs para o ensino diz respeito à motivação que podem desencadear nos alunos.

Mediador: E o uso das TICs em sala de aula?

Professor 1 – Elas são importantes, isso dá uma outra motivação para os alunos.

Professor 3 – Dá sim, porque os alunos são da geração do computador, da internet. Eles precisam utilizar isso de maneira construtiva, e na Física eles vão poder ver as animações, as simulações, e isso ajuda muito.

Mediador: Ajuda como?

Professor 3 – É como ela falou. Traz motivação, e isso faz eles se interessarem mais pela aula, pelo tema que a gente está tratando em sala de aula.

Mediador: Certo. E no caso do experimento remoto que nós mostramos aqui em comparação com os experimentos presenciais, o que vocês acham? Vão ser eficientes para ajudar na aprendizagem dos alunos?

Professor 1 – Os experimentos são exatamente iguais (refere-se à proposta experimental presencial e a distância a eles apresentadas). Mas acho que os alunos vão se animar mais com o controlado remotamente, porque é novidade, é mais legal mesmo. Surpreendente, você mexer aqui, e a coisa funcionar lá. Eles vão adorar. Mas acho que é no experimento presencial que eles vão aprender mais. Sei lá, acho que é exatamente pela experiência estar aqui, e eles poderem mexer.

Professor 4 – Acho que todas elas (as experiências) vão ser muito úteis aos alunos, mas acho também que a presencial, que os alunos vão manipular, ver ali bem perto, vai contribuir mais para eles aprenderem.

Professor 2 – Eu acho isso também. O experimento remoto é muito legal, é cativante, eles vão ficar muito interessados e motivados, não tenho dúvidas, mas é claro que o experimento presencial, por ser ali real mesmo, vai ensinar melhor.

Professor 5 – Talvez o experimento remoto deva ser feito primeiro para chamar a atenção, motivar e preparar os alunos para fazer a experiência real. Aí essa combinação, eu acho ideal.

É interessante notar a forte influência empirista nas falas docentes quando afirmam que a experiência real, se referindo-se à presencial, vai ser mais eficiente, na verdade, ambas são reais, a diferença é que uma é manipulada presencialmente e a outra, por meio de um computador.

No caso do professor 1 essa contradição fica muito evidente, pois que, num momento ele afirma “Surpreendente, você mexer aqui, e a coisa funcionar lá”, e num outro momento, ao justificar sua opinião sobre porque o experimento presencial é melhor, ele afirmar “Mas acho que é no experimento presencial que eles vão aprender mais. Sei lá, acho que é exatamente pela experiência estar aqui, e eles poderem mexer”. Ora, em ambas as experiências eles vão poder mexer, manipular, observar, afinal ele mesmo observou isso.

Outra consequência da concepção empirista é o fato de os professores afirmarem que o experimento ensina. O ato falho que exclui sua ação docente do processo, atribuindo ao experimento a capacidade de ensinar, destaca a crença do professor que há uma receita de

ensino capaz de resolver os problemas que ele enfrenta em sala de aula: a experimentação.

Os professores, em suas falas, também destacam a necessidade de uma capacitação específica para o uso de recursos, o que evidencia a consciência de que não possuem capacidade para utilizarem as TICs em sala de aula. Afirmam também, que a utilização desses recursos não é favorecida pelo apoio institucional necessário.

Professor 1 – Mas a gente precisa de treinamento para poder usar isso em sala de aula, porque a gente não sabe.

Professor 2 – Eu acho super importante utilizar a tecnologia em sala de aula. Todo o professor sabe disso, e nem dá para discordar dessa importância, mas é preciso capacitação.

Mediador: Certo. Vocês não tiveram isso na faculdade?

Professor 1 – Alguns tiveram, alguns não. Mas essas coisas mudam sempre, aparecem coisas novas, então sempre a capacitação é importante.

Mediador: Mas vocês já viram as simulações no PHET que estão disponíveis gratuitamente?

Professor 2 – Eu conheço, eu tenho até baixado no meu computador.

Professor 3 – São bem interessantes, bem feitas. Uma interface bem feita.

Professor 5 – Eu já ouvi falar, mas não vi.

Mediador: Então, e porque vocês não usam?

Professor 1 – Porque é uma burocracia que só vindo para usar o laboratório de informática; dá tanto trabalho, que é melhor nem usar.

Professor 2 – Tem isso e tem também que às vezes, no nosso computador, pessoal, roda, mas no computador da escola não, porque falta instalação de *plug-ins*, e não tem ninguém para fazer isso...

Mediador: Mas não tem como vocês organizarem isso no planejamento? Pedirem a formação continuada?

Professor 3 – Mas isso não é a gente, é mais a direção, a coordenação.

Professor 4 – Formação continuada não depende da gente, os cursos são determinados pela Secretaria.

Finalizando, essas falas revelam que falta aos professores mais autonomia profissional.

Pelo que afirmam, o exercício autônomo está restrito à sala de aula e não se estende mais a outras áreas da escola, por haver certa verticalização de relações de trabalho, nas quais o docente carece de hierarquia funcional para tomar decisões que devem ser implementadas para o bom andamento das ações educativas em sala de aula.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quase sessenta anos de pesquisas em Ensino de Ciências vem apontado a importância das atividades experimentais para o processo de ensino e de aprendizagem em conceitos científicos. Além disso, legislações e documentos educacionais oficiais têm destacado a necessidade da utilização desses recursos como elemento importante para a formação dos cidadãos.

Contudo, de forma geral, ainda hoje, a grande maioria das escolas brasileiras não dispõe de infraestrutura necessária para oferecer meios para que os alunos possam realizar tais atividades de ensino.

Diante dessa situação recentes pesquisas têm diagnosticado o fracasso não só do ensino de Física em específico, como também da Educação brasileira em geral: avaliações internas e externas comprovam o total analfabetismo científico de grande parte da população brasileira, mesmo entre aquelas que passaram pelos bancos escolares.

Para tentar contribuir com esforços na tentativa de, ao menos, minimizar essa situação, em nossa pesquisa, concebemos, construímos e avaliamos experimentos de Física que podem ser controlados remotamente a partir de dispositivos com acesso à internet.

O objetivo da investigação foi estudar as possíveis contribuições, para o processo de ensino e de aprendizagem de conceitos científicos, de um laboratório com experimentos de Física controlados remotamente. Nossa intenção sempre foi a de compreender se a experimentação controlada remotamente poderia ser uma opção para professores e alunos, cujas escolas não dispõem de infraestrutura para a realização de experimentos em aulas de Física no Ensino Médio.

Era nosso interesse também, identificar as reações dos professores com essa nova

ferramenta e assim saber quais seriam suas dificuldades, as possíveis resistências, bem como suas limitações diante do recurso que estávamos disponibilizando.

Portanto, avaliamos os experimentos mediante sua aplicação, em condição real de sala de aula, com alunos das três turmas do Ensino Médio em cinco diferentes escolas públicas pertencentes à Diretoria de Ensino de Guaratinguetá, interior de São Paulo.

Nessa avaliação procuramos comparar o desempenho dos alunos antes e após a aplicação do experimento controlado remotamente. Comparamos também o desempenho dos alunos que realizaram o experimento controlado remotamente como o desempenho daqueles que haviam realizado os experimentos presenciais.

Os resultados mostraram que a utilização do experimento remoto trouxe contribuições para o processo de ensino e de aprendizagem de conceitos científicos.

Ao compararmos o desempenho dos alunos antes e depois de terem realizado a experimentação remota, foi possível notar que as contribuições da atividade realizada foram significativas para toda a turma. Evidenciando assim que é melhor realizar um experimento controlado remotamente do que apenas ter aulas teóricas sobre o tema, mesmo que esta redefina melhor os papéis de professor e alunos no contexto de sala de aula.

Quando comparada com as atividades experimentais realizadas presencialmente, os experimentos controlados remotamente se mostraram capazes de oferecer as mesmas oportunidades para o desenvolvimento de habilidades e competências conceituais e atitudinais. Contudo, pode-se verificar que há diferenças no desenvolvimento de habilidades e competências procedimentais.

Isso nos leva a concluir que tanto o experimento remoto quanto o experimento presencial devem ser realizados, pois que contribuem diferentemente para o desenvolvimento de uma importante dimensão para o exercício da cidadania: as habilidades e competências procedimentais.

Assim, neste trabalho não se defende a substituição de um tipo de atividade pela outra, ao contrário, propõe-se que ambas sejam utilizadas.

Porém, para as escolas que não dispõe de infraestrutura de laboratório didático e considerando as dificuldades docentes quanto às limitações de tempo relativas ao preparo antecipado dessas atividades, há que se considerar que os experimentos controlados remotamente oferecem uma opção importante ao professor.

Com a utilização dos laboratórios controlados remotamente, basta um dispositivo com acesso à internet para que as condições de realização das atividades estejam em condições. Não é necessário montar, desmontar, verificar se há necessidade de conserto de algum equipamento.

Outro aspecto que chama a atenção em relação aos experimentos controlados remotamente diz respeito à segurança dos alunos. Não há possibilidade de se machucarem, de inalarem algum gás tóxico ou fumaça, ou mesmo se cortar com a quebra de alguma vidraria.

Os experimentos controlados remotamente possibilitam, assim, a realização de experimentos que normalmente são evitados nas escolas, como por exemplo, aqueles voltados a se estudar fenômenos radioativos, haja vista que o aluno se encontra fisicamente distante do local de coleta de dados.

Há ainda, a possibilidade de se ampliar virtualmente a carga-horária da disciplina. Os professores que precisam dar conta de ensinar um grande conteúdo com apenas duas aulas semanais, podem contar com a possibilidade de envolver os alunos em práticas de coleta de dados fora do horário de sala de aula. Assim, realizam a estratégia de ensino conhecida como sala de aula invertida: ao invés dos alunos realizarem a coleta de dados em sala de aula e depois fazerem o relatório em casa, sem o auxílio do professor, podem coletar os dados em casa, seguindo um roteiro explicativo, ou mediante as orientações de uma vídeo-aula e, depois em sala de aula, discutir com o professor e colegas, seus dados, suas dúvidas, suas conclusões.

Outro aspecto importante do uso didático dos experimentos controlados remotamente é que eles oferecem oportunidades para se educar para além dos conceitos científicos. Isso porque, o aluno, ao utilizar o computador e a internet para produzir dados, (re) significa sua relação com a tecnologia, pois não deixa de experimentar a utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação como meros consumidores de informação.

Utilizando os experimentos controlados remotamente os estudantes não apenas vão ser incentivados a gerar dados como também vão postar suas interpretações sobre os resultados que obtiveram em sua atividade investigativa. Assim, ele se constitui em gerador de informações que estará disposta na internet para outros alunos, professores consultarem, discutirem, discordarem, concordarem, enfim, aprenderem mais sobre o conceito estudado.

É evidente que esse exercício contribuirá para que o aluno tenha uma relação autônoma com relação à internet, bem como as diferentes Tecnologias de Informação e Comunicação.

Neste aspecto, mais do que ensinar Física, esse tipo de atividade didática em sala de aula contribui para a formação de um cidadão mais crítico, responsável e por isso mesmo, consciente da necessidade de posicionar frente os problemas sociais, agindo com responsabilidade.

Nosso trabalho também focou a relação entre o professor e a atividade experimental controlada remotamente.

Os resultados nos levaram a concluir que os professores apresentam uma concepção muito empirista sobre a natureza da Ciência e que isso interfere na maneira como ele ensina Ciência para seus alunos.

O empirismo por parte dos professores se manifestam na crença que demonstram ter na eficácia da experimentação, por si só, para o aprendizado dos alunos. Nesse sentido, não davam muito importância para a maneira de conduzir o trabalho em sala de aula, pois bastava que o aluno realizasse o experimento para que ele aprendesse. Portanto, em relação ao

planejamento das aulas, se concentravam em oferecer aos estudantes, apenas um passo-a-passo procedimental para que coletassem dos dados.

As leituras dos artigos científicos e de Epistemologia ofereceram aos professores oportunidades para que refletissem sobre a importância de planejar ações em como envolver os alunos com o levantamento e o teste de hipóteses, de fazer os estudantes prestarem mais atenção na relação causa-efeito, de interagirem socialmente buscando construir explicações, modelos e esquemas mentais que interligassem teoria científica estudada e os dados experimentais obtidos.

Assim, como foram os próprios professores que dirigiram a atividade em sala de aula, acreditamos que o desempenho dos alunos seria bem maior se os professores estivessem bem mais preparados para dirigir o trabalho investigativo dos alunos em sala de aula.

Essa constatação nos leva a defender que não basta oferecer ao professor cursos de capacitação relacionada ao uso das Tecnologias de Informação e Comunicação. Porque o problema dos docentes não é apenas uma questão de conhecimento técnico. Faz-se necessário oferecer ao professor oportunidades para que eles possam refletir suas ações pedagógicas, uma vez que os recursos disponíveis oferecem outras possibilidades e as exigências educacionais também tem sido cada vez maiores com o passar do tempo.

Esperamos que com este trabalho, possamos replicar diferentes protótipos experimentais para que possamos construir um laboratório de Física controlado remotamente que atenda uma grande quantidade de escolas e alunos, de forma a contribuir com a melhoria do ensino de ciências no país.

REFERENCIAS

AKATN, B. et al. Distance learning applied to control engineering laboratories. **IEEE Transactions on Education**, New York, v. 39, n. 3, aug. 1996.

ALARÇÃO, I. **Professores reflexivos em uma escola reflexiva**: questões de nossa época. São Paulo: Cortez, 2003.

ALHALABI, B. Remote labs: an innovative leap in the world of distance education. In: MULTI CONFERENCE ON SYSTEMIC, CYBERN AND INFORMATICS, 4., INT. CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEM ANAL. AND SYNTHESIS, 6., 2000, Orlando. **Proceedings...** Orlando, 2000, p. 303–307.

ALMEIDA, M.; VALENTE, J. **Tecnologias e currículo**: trajetórias convergentes ou divergentes? São Paulo: Paulus, 2011.

ALTHUSSER, L. **Aparelhos ideológicos de Estado**. 3.ed. Rio de Janeiro: Edições Graal, 1987.

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176-194, jun. 2003.

BANET, E. Finalidades de la Educación científica en secundaria: opinión del profesorado sobre la situación actual. **Enseñanza de las Ciencias**, Espanha, v. 25, n. 1, 2007.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 70. ed. Lisboa: LDA, 2009.

BEICHNER, R. J. The impact of video motion analysis on kinematics graph interpretation skills. **American Journal Physics**., University of Utah, v. 64, 1996.

BENCOMO, S. D. Control learning: present and future. **Annual Reviews in control**, Oxford, v. 28, n. 1, p. 115-136, 2004.

BISCHOFF, A.; RÖHRIG, C. Remote experimentation in a collaborative virtual environment. In: WORLD CONFERENCE ON OPEN LEARNING AND DISTANCE EDUCATION, 20., 2001. **Proceedings...** of the 20th World Conference on Open Learning and Distance Education, Düsseldorf, Germany, April 2001.

BRANDÃO, R. V.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. A modelagem científica de fenômenos físicos e o ensino de Física. **A Física na Escola**, São Paulo, v. 9, n. 1, 2008.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Acesso à internet e à televisão e posse de telefone móvel celular para uso pessoal**: 2014/IBGE. Rio de Janeiro: IBGE / Coordenação de Trabalho e Rendimento, 2016.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais “Anísio Teixeira” (INEP). **Censo escolar da educação básica 2016**. Brasília, fev. 2017.

BRZEZINSKI, I.; GARRIDO, E. **Formação de profissionais da educação: 1997-2002**. Brasília: MEC/INEP/COMPED, 2006.

BORGES, A. T.; GOMES, A. D. T. Percepção de estudantes sobre desenhos de testes experimentais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 22, n. 1, p. 71-94, 2005.

CARDOSO, D. C.; TAKAHASHI, E. K. Experimentação remota em atividades de ensino formal: um estudo a partir de periódicos Qualis A. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 11, n. 3, p. 185-208, 2011.

CARLINI, A.; TARCIA, R. M. **20% a distância e agora?:** orientações práticas para o uso de tecnologia de educação a distância no ensino presencial. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2010.

CARVALHO, M.G. Tecnologia, desenvolvimento social e educação tecnológica. **Revista Educação & Tecnologia**, Curitiba, n.1, 1997.

CAPECCHI, M.C.V.M. ; CARVALHO, A. M. P.; SILVA, D. Relações entre o discurso do professor a argumentação dos alunos em uma aula de física. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, 2002.

CASTELLS, M. **A Galáxia da internet:** reflexões sobre a internet, os negócios e a sociedade. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor. 2003.

CASSINI, M.; PRATTICHIZZO, D. E-Learning by Remote laboratories: a new tool for controle education .In: IFAC CONFERENCE ON ADVANCES IN CONTROL EDUCATION, 6., Finland, 2003. **Proceedings...** Finland: IFAC, 2003.

CAVALCANTI, F. O uso das simulações computacionais no ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 28, n.4, 2006.

CIRIBELI, J.P. ; PAIVA, V.H.P. Redes e mídias sociais na internet: realidades e perspectivas de um mundo conectado. **Mediação**, Belo Horizonte, v. 13, n. 12, jan./jun. de 2011.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. New York: Academic Press., 1977. p. 357- 410.

CORTER, J.E. et al. Constructing reality: a study of remote, hands-on, and simulated laboratories. **ACM Transactions on Computer-Human interaction**, New York, v.14, n. 2, 2007.

DUARTE, N. **Sociedade do conhecimento ou sociedade das ilusões?:** quatro ensaios crítico dialéticos em filosofia da educação. Campinas: Autores Associados. 2003.

ELLIOTT, J. **La investigación:** acción en educación. 5 ed. Madri: Morata. 2005. (col. Pedagogia)

ESTEVE, J. A **Terceira revolução educacional**: a educação na sociedade do conhecimento. São Paulo: Moderna, 2004.

FERNANDES, K. Os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais em correlação com os eixos temáticos dos PCNs. **Revista Eletrônica de Ciências**, Campina Grande, Paraíba, v.5, n.3, 2010.

FERREIRA, D.; MULLER, J. M. The MARVEL EU project: a social constructivist approach to remote experimentation. In: REMOTE ENGINEERING AND VIRTUAL INSTRUMENTATION INTERNATIONAL SYMPOSIUM, 1., Villach - Austria, 2004. **Proceedings...** Villach, 2004.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 259–272, set. 2003.

FRANCO, M.A.S. Pedagogia da pesquisa-ação. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 483-502, set./dez. 2005.

FURIÓ, C. et al. Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la secundaria obligatoria. Alfabetización científica o preparación propedeutica? **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 19, n. 3, 2001.

GAMBOA, O.H.; FULLER, D. Collaborative model for remote experimentation laboratories used by non-hierarchical distributed groups of engineering students. **Australasian Journal of Educational Technology**, Austrália, v. 27, n. 3, 428-445, 2011.

GARRIDO, E; PIMENTA, S. G. MOURA, M. O. A pesquisa colaborativa na escola como abordagem facilitadora para o desenvolvimento da profissão do professor. In: MARIN, A. J. (org.). **Educação continuada**: reflexões, alternativas. Campinas: Papirus, 2000, p. 89-112.

GERY, F. W. **Does mathematics matter?** Research papers in economic education, New York: p. 142-157, 1972.

GHEDIN, E. Professor reflexivo: da alienação da técnica à autonomia da crítica. In: PIMENTA, S. G.; GHEDIN, E. (orgs). **Professor reflexivo no Brasil**: gênese e crítica de um conceito. 3 ed. São Paulo: Cortez, 2005.

GUERRA, S.M.G.; FANTINELLI, J.T. A aproximação entre tecnologia e economia: os emergentes papéis da energia. **Revista de Estudos Sociais**, Mato Grosso, v. 3, n. 5, 2001.

GUERRA, S. A quarta onda globalizante e os desafios para o direito internacional. **Revista da Faculdade de Direito de Campos**, Campos de Goytacazes, v.4-5, n. 4-5, 2004.

GONZALES, K.G. et al. Reflexões sobre a função e as contribuições da experimentação no ensino de ciências. **UNOPAR: Científica Ciências Humanas e Educação**, Londrina, v.16, n.5, p. 520-527, 2015.

HAMPEL, T; SELKE, H., VITT, S. Deployment of simple user-centered collaborative

technologies in educational institutions: experiences and requirements. In: IEEE INTERNATIONAL WORKSHOPS ON ENABLING TECHNOLOGIES: INFRASTRUCTURE FOR COLLABORATIVE ENTERPRISE, 14., 2005, Linkoping, Sweden. **Proceedings...** West Virginia University, 2005. p. 207 - 212.

HARGREAVES, A. **O ensino na sociedade do conhecimento: a educação na era da insegurança**. Porto: Porto Editora. 2003. (coleção Currículo, Políticas e Práticas)

HOSTINS, R. C. L. Paradigmas da “sociedade do conhecimento” e políticas para o ensino superior brasileiro. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 26., Caxambu, 2003. **Anais...** Caxambu: ANPED, 2003.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). **Censo Escolar, 2014**. Brasília: MEC, 2015.

JUCÁ, S. C. S. A relevância dos softwares educativos na educação profissional. **Cognição & Cognição**, v. 8, 2006. Disponível em: <http://cienciasecognicao.org/pdf/v08/cec_vol_8_m32689.pdf>. Acesso em: 01 maio 2017.

KAMII, C.; DEVRIES, R. **O conhecimento físico na educação pré-escolar: implicações da teoria de Piaget**. Porto Alegre: Artmed, 1991.

KUHN, T. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 2005.

LAKATOS, I. O Falseamento e a Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica. In: LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. (Org.). **A Crítica e o desenvolvimento do conhecimento**. São Paulo: Cultrix, EDUSP, 1979. p. 109-243.

LEMKE, J. L. Investigar para el futuro de la educación científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir. **Enseñanza de Las Ciencias**. Barcelona, v. 24, n. 1, p. 5-12, mar. 2006.

LIBÂNEO, J. C. Sistema de ensino, escola, sala de aula: onde se produz a qualidade das aprendizagens? In: LOPES, Alice C.; MACEDO, Elizabeth (orgs.). **Políticas de currículo em múltiplos contextos**. São Paulo: Cortez, 2006.

LINDENAU, J. D.; GUIMARÃES, L. S. P. Calculando o tamanho de efeito no SPSS. **Revista HCPA**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, v. 3, n. 32, 2012.

LOPES, S. P. M. L. **Laboratório de acesso remoto em Física**. 2007. 147 f. Tese (Doutorado em Ensino de Física e da Química) – Universidade de Coimbra, Coimbra, 2007.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 24, n.2, 2002.

MONEREO, C; POZO, J. L. (coord.). Tema del mes: competencias para sobrevivir en el siglo XXI. **Cuadernos de Pedagogía**, Barcelona, v. 298, p. 49-79, 2001.

MONTEIRO, M. A. A.; SANTOS, D. A.; TEIXEIRA, O. P. B. Caracterizando a autoria no

discurso em sala de aula. **Investigações em Ensino de Ciências**, Rio Grande do Sul, v. 12, n. 2, p.205-225, 2007.

MONTEIRO, M. A. A. et al. Protótipo de uma atividade experimental para o estudo da cinemática realizada remotamente. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Santa Catarina, v. 30, n. 1, p. 191-208, abr. 2013.

MORETZSOHN, S. D. O mundo “divertido”: o fetiche da internet e a mobilização política nas redes sociais. **REDESG: Revista direitos emergentes na sociedade global**, Santa Maria, Rio Grande do Sul, v. 1, n. 2, jul./dez. 2012.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**. Porto Alegre, v.7 n.3. 2002. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID94/v7_n3_a2002. Acesso em: 31 out. 2016.

NARDI, R; ALMEIDA, M.J.P.M. formação da área de Ensino de Ciências: memórias de pesquisadores no Brasil. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, MG, v. 4, n. 1, 2004.

NEDIC, Z.; MACHOTKA, J.; NAFALSKI, A. Remote laboratories *versus* virtual and real laboratories. 33 rd ASEE/IEEE **Frontiers in Education Conference Frontiers**, University of South Australia. November 5-8, 2003.

NEVES, S. M.; CABALLERO, C.; MOREIRA, M. A. Repensando o papel do trabalho experimental, na aprendizagem da física, em sala de aula: um estudo exploratório. **Investigações em Ensino de Ciências**, Rio Grande do Sul, v. 11, n. 3, p. 383-401, 2006.

NEVES, M. A. C. M; DUARTE, R. O contexto dos novos recursos tecnológicos de informação e comunicação e a escola. **Cadernos Cedes**, Campinas, v. 29, n. 104 (especial), p. 769-789, out. 2008.

ORDUÑA, P.; et al. Adding new features to new and existing remote experiments through their integration in weblab-deusto. **iJOE**, Transilvânia, v. 7, n. 2 , oct. 2011.

OLIVEIRA, J.R.S. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. **Acta Scientiae**, Canoas, v.12, n.1, 139-153, 2010.

PETRY, L. C. O conceito de novas tecnologias e a hipermídia como uma nova forma de pensamento. **Cibertextualidades**, Porto, Portugal, v. 1, n. 1, p. 110-125, 2006.

PENA, F.L.A.; RIBEIRO FILHO, A. Obstáculos para o uso da experimentação no ensino de Física: um estudo a partir de relatos de experiências pedagógicas brasileiras publicados em periódicos nacionais da área (1971-2006). **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte, MG, v. 9, n. 1, 2009.

PIMENTA, S.G. Formação de professores: identidade e saberes da docência. In: PIMENTA, S.G. (org). **Saberes pedagógicos e atividade docente**. São Paulo: Cortez, 2000.

POPPER, K. R. **A lógica da pesquisa científica**. 2. ed., São Paulo: Editora Cultrix, 2013.

POZO, J. I. A sociedade da aprendizagem e o desafio de converter informação em conhecimento. **Revista Pátio: educação ao longo da vida**. Porto Alegre, v. 8, n. 31, ago./out. 2004.

POZO, J. I.; CRESPO, M. Á. G. **Aprendizagem e o ensino de ciências**: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico, Porto Alegre: Artmed, 2009.

RAMOS, L. B. C.; ROSA, P. R. S. O Ensino de ciências: fatores intrínsecos e extrínsecos que limitam a realização de atividades experimentais pelo professor dos nos iniciais do ensino fundamental. **Investigação em Ensino de Ciências**, Rio Grande do Sul, v. 13, n. 3, p. 299-331, 2008.

ROCHADEL, W. et al. Utilization of remote experimentation in mobile device for education. **International Journal of Interactive mobile technologies**, WIEN Austria, v.6, n.3, 2012.

SANTOS, B. de S. Os processos de globalização. In__: **A globalização e as ciências sociais**, São Paulo: Cortez, 2002.

SCHÖN, D. A. Formar professores como profissionais reflexivos. In: NÓVOA, António (Coord.). **Os professores e sua formação**. Lisboa: Dom Quixote, 1992.

SIM, A.A. **Experimento de Física controlado remotamente**: uma avaliação sobre processo de ensino e de aprendizagem. 2016. 135 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2016.

STENHOUSE, L. **La investigación como base de la enseñanza**. 6. ed. Madri: Morata, 2007. (coleção Pedagogia).

TAROUÇO, L. M. R. et al. Jogos educacionais. **CINTED-UFRGS: novas tecnologias na educação**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, mar. 2004.

THIOLLENT, M. **Pesquisa-ação nas organizações**. São Paulo: Atlas, 1997.

TOULMIN, S. **Os usos do argumento**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

VERGARA, S. C. **Métodos de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 2005.

VILA, J. V. Las relaciones escuela y comunidad em um mundo cambiante. In: CASTRO RODRIGUEZ, M.M. et al. **La escuela em La comunidad**: la comunidad em la escuela. Barcelona: Editorial Grão, 2007.