

# Desenvolvimento de uma proposta experimental controlada remotamente para o estudo de fenômenos ópticos

Development of a remotely controlled experimental proposal for the study of optical phenomena

Marco Aurélio A. Monteiro<sup>1\*</sup>, Samuel J. de Carvalho<sup>2</sup>, Rodolfo M. Rolando<sup>3</sup>, Fredy Coelho Rodrigues<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Departamento de Física, UNESP – Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333 – Guaratinguetá, Cep.: 12.516-410, São Paulo, Brasil.

<sup>2</sup>Faculdade de Ciências – Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência – UNESP- Av. Engenheiro Luís Edmundo de Carrijo, 2085 – Cep.: 17.033-360 – Bauru, São Paulo, Brasil.

<sup>3</sup>Colégio Técnico Industrial de Guaratinguetá, UNESP, Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333 – Guaratinguetá, Cep.: 12.516-410, São Paulo, Brasil.

<sup>4</sup>Instituto Federal do Sul de Minas, Rua da Penha, 290 – Cep: 37.903-070, Passos, Minas Gerais, Brasil.

\*E-mail: marco.monteiro@unesp.br

Recibido el 15 de junio de 2021 | Aceptado el 1 de septiembre de 2021

## Resumo

Este trabalho tem o objetivo de propor e avaliar o impacto educacional de um experimento controlado remotamente voltado para o ensino de Física em nível médio no estudo dos conceitos relativos aos fenômenos de reflexão e refração da luz. Para tanto aplicamos tal atividade em comparação a outra realizada presencialmente em cinco turmas diferentes de alunos do segundo ano do Ensino Médio e aplicamos um pré-teste e um pós-teste, para compararmos a diferença de desempenho. Os resultados evidenciam contribuições para a aprendizagem dos estudantes, bem como o desenvolvimento de algumas competências importantes do ponto de vista procedimental e atitudinal dos alunos.

**Palavras-chaves:** Ensino de Física; Experimentação; Laboratório remoto; Experimento remoto.

## Abstract

This work aims to propose and evaluate the educational impact of a remotely controlled experiment aimed at teaching physics at a high level in the study of concepts related to the reflection and refraction of light phenomena. For this purpose, we applied this activity in comparison to another performed in person in five different classes of students in the second year of high school and we applied a pre-test and a post-test, to compare the difference in performance. The results show contributions to student learning, as well as the development of some important competences from the procedural and attitudinal point of view of the students.

**Keywords:** Physics teaching; Experimentation; Remote laboratory; Remote experiment.

[www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF](http://www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF)

REVISTA DE ENSEÑANZA DE LA FÍSICA, Vol. 33, no. 2 (2021)

*La evaluación del presente artículo estuvo a cargo de la organización de la XIV Conferencia Interamericana de Educación en Física*

## I. INTRODUÇÃO

Para Nardi (2004) o movimento de reformulação curricular ocorrido entre as décadas de 1950 e 1960 nos Estados Unidos da América e na Inglaterra marcam o início das primeiras pesquisas em Ensino de Ciências, assim, nesses 70 anos de trabalho, essa área de pesquisa tem como consenso a importância das atividades experimentais como instrumento de ensino e de aprendizagem de conceitos científicos.

Para os piagetianos a experimentação é proposta como atividade desequilibrante, ou seja, permite ensejar situações que desequilibram as estruturas cognitivas dos estudantes, tendo em vista a possibilidade dos alunos poderem manipular, explorar, rever e aí promoverem modificações de esquemas mentais já construídos (Piaget, 1975).

Na perspectiva dos vigotskianos, as atividades experimentais podem permitir o desencadeamento de oportunas interações sociais entre os alunos e destes com o professor sobre o objeto do conhecimento. Nesse sentido, a interação social estabelecida dentro da zona de desenvolvimento proximal dos aprendizes com um parceiro mais experiente na cultura científica, possibilita a formação de significados culturais dos conceitos científicos (Vigotski, 1991).

Autores diversos chamaram a atenção para outros benefícios das atividades experimentais:

Oliveira (2010) destaca que a experimentação motiva os estudantes para a aprendizagem, desenvolve a capacidade de trabalhar em grupo, a iniciativa pessoal e a tomada de decisão, estimula a curiosidade, a criatividade, a capacidade de observação, possibilita o aprendizado sobre a natureza da Ciência, dos conceitos científicos, sobre métodos de coleta, tratamento e apresentação de dados, além de aprimorar habilidades manipulativas.

Gil Perez et al. (1999) e Krasilchik (2005), afirmam que as atividades experimentais auxiliam no desenvolvimento da capacidade dos alunos em enfrentar e solucionar situações-problemas.

Capecchi, Carvalho e Silva (2002) e Monteiro e Teixeira (2004) destacam as atividades experimentais como estratégias importantes para os alunos aprenderem a considerar, avaliar e construir explicações, bem como argumentos de natureza científica, a partir do estabelecimento da relação de causa e efeito.

Contudo, apesar de todas essas contribuições constatadas em pesquisa, muitas escolas, em especial no Brasil, raramente utilizam essa importante estratégia de ensino.

Autores como Borges e Gomes (2005), Neves *et al.* (2006), Lopes (2007), Ramos e Rosa (2008) e Pena e Ribeiro Filho (2009) afirmam que existem diferentes motivos para que essas atividades não sejam realizadas em nossas escolas, dentre eles citamos: falta de laboratório adequado, carga-horária pequena para as disciplinas científicas, muitos alunos por turma, falta de docentes preparados para o desenvolvimento das atividades, falta de tempo dos professores para preparar, montar e reparar os equipamentos experimentais.

Segundo Censo escolar de 2016 do Ministério da Educação (Brasil, 2017), em apenas 11% das escolas (públicas e privadas) têm laboratório, e 40, 73% das escolas são dotadas de internet banda larga.

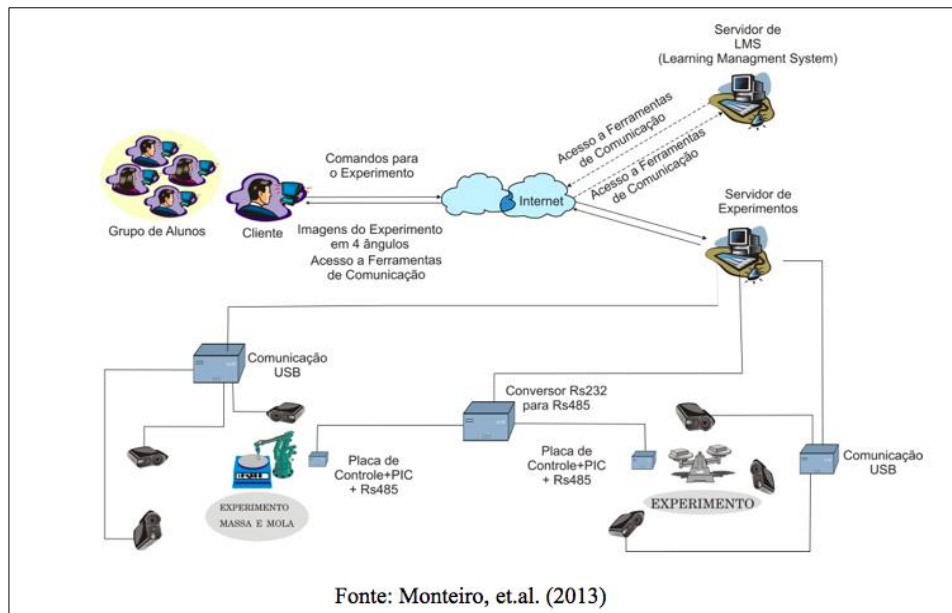
Assim sendo, muitas propostas são apresentadas para que alunos e professores utilizem as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação – TDIC.

Monteiro *et al.* (2013) destacam os chamados *weblabs*, ou seja, os laboratórios controlados remotamente, como um recurso importante para a implementação das atividades experimentais reais e não ideais em sala de aula.

Um experimento remoto é definido como uma atividade realizada por uma ou mais pessoas que estejam juntas num mesmo local ainda que separadas, num local diferente de onde está a montagem experimental no qual os dados serão coletados. Para que isso seja possível são utilizados além de câmeras locais que captam e transmitem as imagens dos experimentos, circuitos eletroeletrônicos que permitem que os usuários controlem as montagens para coletar dados experimentais reais (Ferreira e Mueller, 2004; Bencomo, 2004).

Portanto, as atividades experimentais remotas não é uma simulação computacional: 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 (Monteiro, 2017).

Monteiro *et al.* (2013) explica o funcionamento de um experimento controlado remotamente, por meio da figura 1, o autor chama a atenção para o fato de o usuário poder acessar o laboratório remoto, por meio da conexão à internet, selecionando o experimento que deseja realizar. Uma vez esse acesso sendo estabelecido o usuário visualiza o equipamento experimento a ser utilizado por meio de câmeras que gera imagens em tempo real. Há também circuitos eletroeletrônicos que permite ao usuário manipular o experimento, variando determinados parâmetros para observar determinadas alterações que podem ser medidas por instrumentos calibrados disponíveis. Assim é possível não apenas observar o fenômeno e obter os dados necessários à sua pesquisa. A plataforma do laboratório controlado remotamente também pode oferecer um LMS (Learning Management System), ou seja, um Sistema de Gerenciamento de Aprendizagem (SGA). Esse sistema deve disponibilizar aos usuários os seguintes suportes: correio eletrônico, listas de discussão, salas de bate-papo (*chats*), sistemas de coautoria, serviços de teleconferência.



**FIGURA 1.** Esquema de funcionamento de um laboratório controlado remotamente. Fonte: Monteiro, et al. (2013)

Neste trabalho, buscamos avaliar uma atividade experimental controlada remotamente voltado para o ensino de Física em nível médio no estudo dos conceitos relativos aos fenômenos de reflexão e refração da luz.

## II. A PESQUISA

Para avaliar a efetividade de uma atividade experimental controlada remotamente escolhemos cinco escolas públicas do interior de São Paulo – Brasil, para realizar a pesquisa. A escolha das escolas se deveu ao fato de professores de Física, diretores, coordenadores e alunos dessas instituições de ensino terem aceitado participarem do processo investigativo. Cada escola envolvida na pesquisa tinha duas turmas de segundo ano do Ensino Médio (2º A e o 2ºB) e estudavam nas aulas de Física os fenômenos luminosos: a reflexão e a refração.

Inicialmente foi combinado que em todas as turmas os alunos receberiam 4 aulas teóricas, inclusive com resolução de exercícios sobre o tema reflexão e refração da luz. Cada professor realizou essa tarefa como achou melhor, ou seja, escolheu o caminho pedagógico que entendia ser o mais adequado. Depois das quatro aulas teóricas os alunos fizeram um pré-teste envolvendo questões de reflexão e refração da luz. Na semana seguinte da realização do pré-teste os alunos realizaram uma atividade de experimentação de tal forma que as turmas A realizaram a atividade experimental controlada remotamente, enquanto que as turmas B realizaram a atividade experimental presencial.

Na semana seguinte à atividade experimental os alunos responderam ao pós-teste, que continham questões muito semelhantes às questões do pré-teste.

Para Lindenau e Guimarães (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. Para esses autores 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).

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

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

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 indica a tabela a seguir:

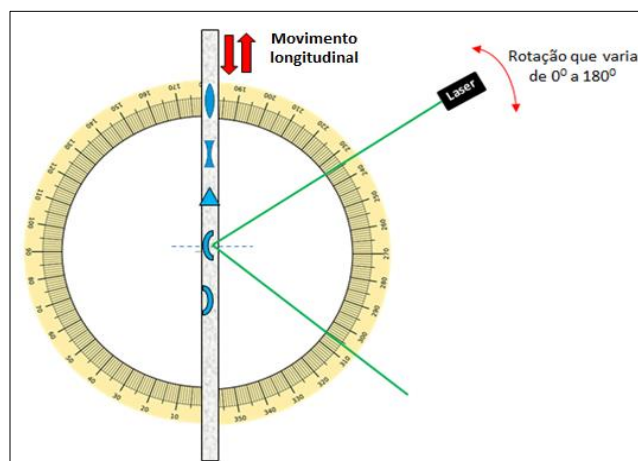
**TABELA I.** Classificação dos valores de D- Cohen. Fonte: Cohen (1977).

Classificação	Valores
Efeito pequeno	$0,00 < d < 0,20$
Efeito médio	$0,20 < d < 0,80$
Efeito grande	$d > 0,80$

Passaremos agora a descrever os experimentos utilizados com os alunos em nossa pesquisa.

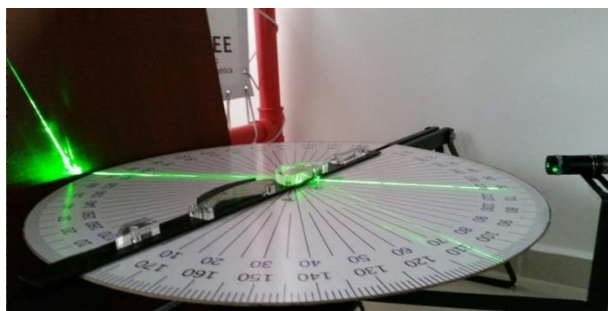
### A. Descrição dos Experimentos Realizados

O experimento controlado remotamente: 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  $360^\circ$  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 dioptros (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 2.** Esquema do experimento remoto sobre comportamento de raios de luz. Fonte: Autores.

Em torno do transferidor e, portanto, dos dioptros 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 dioptro 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 3.** Experimento remoto sobre comportamento de raios de luz. Fonte: Autores.

No experimento realizado presencialmente, foram utilizados os seguintes equipamentos:

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



**FIGURA 4.** Lista de material para experimento presencial de fenômenos luminosos. Fonte: Autores.

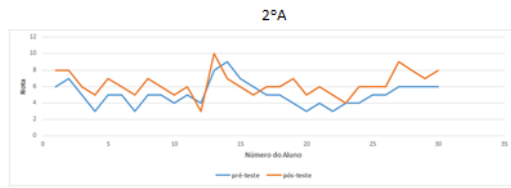


**FIGURA 5.** Realização do experimento presencial de raios de luz. Fonte: Autores.

Vamos a seguir fazer a apresentação dos resultados que obtivemos em nossa pesquisa.

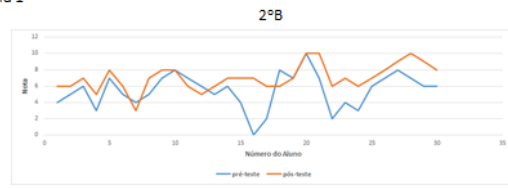
### III. DADOS E ANÁLISE

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 setenta 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.



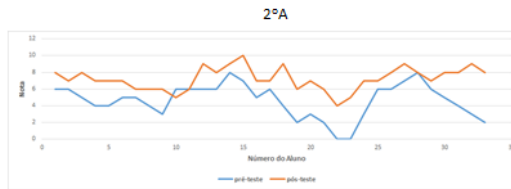
Ganho Médio	0,198642926
Média do Pré	5,1
Média do Pós	6,3
D-Cohen	0,56580579

Escola 1

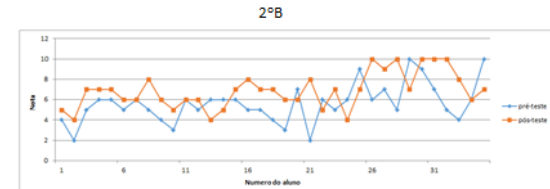


Ganho Médio	0,283253968
Média do Pré	5,5
Média do Pós	7,033333333
D-Cohen	0,41334053

Escola 2

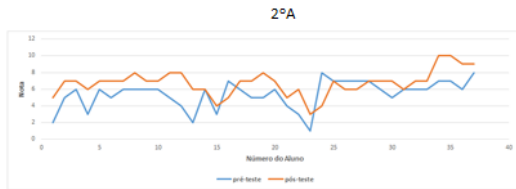


Ganho Médio	0,462979018
Média do Pré	4,636363636
Média do Pós	7,242424242
D-Cohen	0,830281329

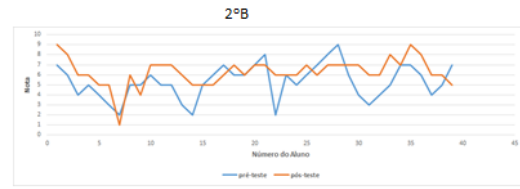


Ganho Médio	0,078977807
Média do Pré	5,6
Média do Pós	6,885714286
D-Cohen	0,385609267

Escola 3

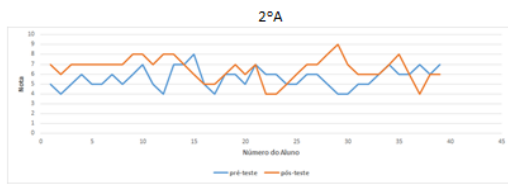


Ganho Médio	0,233708709
Média do Pré	5,432432432
Média do Pós	6,756756757
D-Cohen	0,520994734

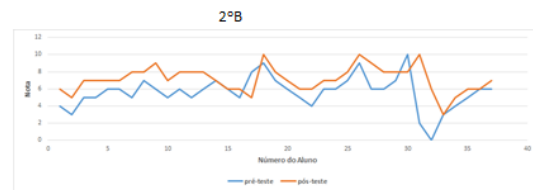


Ganho Médio	0,110500611
Média do Pré	5,333333333
Média do Pós	6,282051282
D-Cohen	0,383134856

Escola 4

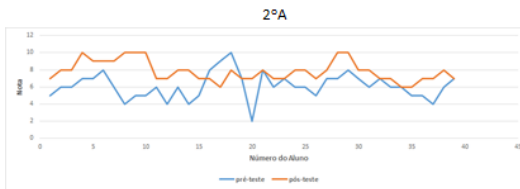


Ganho Médio	0,150854701
Média do Pré	5,641025641
Média do Pós	6,538461538
D-Cohen	0,744969105

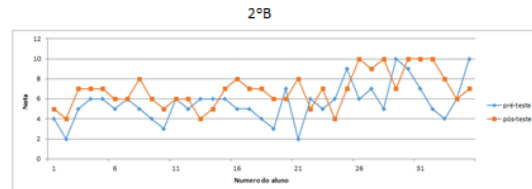


Ganho Médio	0,271680432
Média do Pré	5,648648649
Média do Pós	7,135135135
D-Cohen	0,499593268

Escola 5



Ganho Médio	0,292937895
Média do Pré	6,128205128
Média do Pós	7,846153846
D-Cohen	0,895684774



Ganho Médio	0,190997863
Média do Pré	5,56097561
Média do Pós	7,024390244
D-Cohen	0,850636928

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 como 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.

#### IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

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.

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 porque esta redefine 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 dispõem 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.

#### AGRADECIMENTOS

CAPES/PROAP – Brasil.

#### REFERÊNCIAS

Bencomo, S. D. (2004). Control learning: present and future. *Annual Reviews in control*, 28(1), 115-136. <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2003.12.002>

Brasil. (2017). Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais “Anísio Teixeira” (INEP). *Censo escolar da educação básica 2016*. Recuperado de [https://download.inep.gov.br/educacao\\_basica/censo\\_escolar/notas\\_estatisticas/2017/notas\\_estatisticas\\_censo\\_escolar\\_da\\_educacao\\_basica\\_2016.pdf](https://download.inep.gov.br/educacao_basica/censo_escolar/notas_estatisticas/2017/notas_estatisticas_censo_escolar_da_educacao_basica_2016.pdf). Acesso em 01 de maio de 2021.

Borges, A. T., Gomes, A. D. T. (2005). Percepção de estudantes sobre desenhos de testes experimentais. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 22(1), 71-94. Recuperado de: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6394/5919>. Acesso em 01 de maio de 2021.

Capecchi, M.C.V.M., Carvalho, A.M. P., Silva, D. (2002). Relações entre o discurso do professor a argumentação dos alunos em uma aula de física. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 2(2), 152-166. <https://doi.org/10.1590/1983-21172000020205>

Cohen, J. (1977). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. (1ª ed.). New York: Academic Press.

Ferreira, J. M., Mueller, D. (2004) The Marvel EU project: A social constructivist approach to remote experimentation, *Remote Engineering and Virtual Experimentation Symposium*, Villach, Austria.

Gil Pérez, D., Furió, C. M., Valdés, P., Salinas, J., Torregrosa, J. M., Guisasola, J., González, E., Dumas-Carré, A., Goffard, M., Carvalho, A. M. P. (1999). Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 311-320. Recuperado de: <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21581>. Acesso em 19 de maio de 2021.

Krasilchik, M. (2005). *O professor e o Currículo das Ciências*. São Paulo: EPU/Edusp.

Lindenau, J. D., Guimarães, L.S.P. (2012). Calculando o tamanho de efeito no SPSS. *Revista HCPA*, 32(3), 363-381. Recuperado de: <https://seer.ufrgs.br/hcpa/article/view/33160/22836>. Acesso em 19 de maio de 2021.

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

Monteiro, M.A.A., Teixeira, O.P.B. (2004). Uma análise das interações dialógicas em aulas de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental. *Investigações em Ensino de Ciências*, 9(3), 243-263. Recuperado de: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/528/324>. Acesso em 19 de maio de 2021.

Monteiro, M. A. A., Monteiro, I.C., Germano, J.S.E., Júnior, F.S. (2013). Protótipo de uma atividade experimental para o estudo da cinemática realizada remotamente. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 30(1), 191-208. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2013v30n1p191>.

Monteiro, M. A. A. (2017). *Um estudo sobre as contribuições para o processo de ensino e de aprendizagem de conceitos de física a partir de experimentos controlados remotamente*. Tese (Livre-docência) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/190883>>.

Nardi, R., Almeida, M. J. P. M. de. (2004). Formação da área de ensino de ciências: memórias de pesquisadores no Brasil. *Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação em Ciências*, 4(1). Recuperado de <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4098>. Acesso em 01 de maio de 2021.

Neves, S. M., Caballero, C., Moreira, M. A. (2006). Repensando o papel do trabalho experimental, na aprendizagem da física, em sala de aula: um estudo exploratório. *Investigações em Ensino de Ciências*, 11(3), 383-401. Recuperado de: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/490/292>. Acesso em 19 de maio de 2021.

Oliveira, J. R. S. (2010). A perspectiva sócio-histórica de Vygotsky e suas relações com a prática da experimentação no ensino de Química. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 3(3), 25-45. Recuperado de: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/38134>. Acesso em 01 de maio de 2021.

Pena, F.L.A., Ribeiro Filho, A. (2009). 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*, 9(1). Recuperado de <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4008>. Acesso em 19 de maio de 2021.

Piaget, J. (1975). *A epistemologia genética*. Petrópolis: Vozes.

Ramos, L. B. C., Rosa, P. R. S. (2008). 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*, 13(3), 299-331. Recuperado de: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/444/262>. Acesso em 19 de maio de 2021.

Vygotsky, L.S. (1991). *Pensamento e Linguagem*. São Paulo: Martins Fontes.