



**Carlos Henrique Pagel**

**As potencialidades pedagógicas presentes em laboratórios virtuais  
para o Ensino de Cinemática**

Orientadora: Prof<sup>ta</sup>. Dr<sup>a</sup>. Regina Barwaldt

Linha de pesquisa: Tecnologias na Educação

**Rio Grande, 2023**

**Carlos Henrique Pagel**

**As potencialidades pedagógicas presentes em laboratórios virtuais  
para o Ensino de Cinemática**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências como requisito para obtenção do título de Mestre em Educação em Ciências pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG).

Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup>. Regina Barwaldt

Linha de pesquisa: Tecnologias na Educação

**RIO GRANDE, 2023**

**Carlos Henrique Pagel**

**As potencialidades pedagógicas presentes em laboratórios virtuais para o Ensino de Cinemática**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências como requisito para obtenção do título de mestre em Educação em Ciências pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG).

Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup>. Regina Barwaldt

Linha de pesquisa: Tecnologias na Educação

## Ficha Catalográfica

P133p Pagel, Carlos Henrique.

As potencialidades pedagógicas presentes em laboratórios virtuais para o ensino de Cinemática / Carlos Henrique Pagel. – 2023. 54 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências, Rio Grande/RS, 2023.

Orientadora: Dra. Regina Barwaldt.

1. Laboratório virtual 2. Cinemática 3. Ensino de Física  
I. Barwaldt, Regina II. Título.

CDU 37:531.172

Catálogo na Fonte: Bibliotecário José Paulo dos Santos CRB 10/2344



### ATA DE DEFESA DE MESTRADO Nº 05/2023

Aos vinte dias do mês de julho de 2023, na Universidade Federal do Rio Grande - FURG, às 14 horas, na sala de videoconferência do PPGECC, reuniu-se a Comissão Examinadora, remotamente, para a defesa de Mestrado do estudante **Carlos Henrique Pagel**, composta pelos seguintes integrantes: **Profa. Dra. Regina Barwaldt (Orientadora/FURG)**, **Prof. Dr. Luiz Fernando Mackedanz (FURG)** e o **Prof. Dr. Vinicius Carvalho Beck (IFsul)**. Título da dissertação: “**As potencialidades pedagógicas presentes em laboratórios virtuais para o Ensino de Cinemática**”. Dando início à reunião, a orientadora agradeceu a presença de todos e fez a apresentação da Comissão Examinadora. Logo em seguida, esclareceu que o Mestrando teria um tempo de 25 a 40 minutos para a explanação de sua pesquisa, e cada membro da Comissão um máximo de 30 minutos para arguição. A seguir, passou a palavra ao Mestrando que apresentou a pesquisa e respondeu às perguntas formuladas pela banca. Após discussão a Comissão reuniu-se para arguição conjunta e considerou a dissertação **APROVADA**. Nada mais havendo a tratar, lavrou-se a presente Ata que, após lida e aprovada, será assinada pela Comissão Examinadora.

As Orientações/observações encontram nos pareceres enviados pela banca.
---

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** REGINA BARWALDT  
Data: 22/07/2023 23:54:20-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Profa. Dra. Regina Barwaldt (Orientadora/ PPGECC/FURG)**

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** LUIZ FERNANDO MACKEDANZ  
Data: 24/07/2023 17:59:34-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dr. Luiz Fernando Mackedanz (FURG)**

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** VINICIUS CARVALHO BECK  
Data: 24/07/2023 12:16:58-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dr. Vinicius Carvalho Beck (IFsul)**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço minha esposa Juliane Gonzalez Pagel pelo carinho, amor, incentivo, cuidado, apoio, companheirismo e me fazer feliz.

Minha orientadora Regina Barwaldt pela dedicada orientação e enorme profissionalismo.

Meu pai Rui Carlos Pagel e minha mãe Arita Schneid Pagel pelos bons genes e por todo amor e carinho.

Aos meus irmãos e irmãs.

Meu sogro, minha sogra e meu cunhado pelo grande apoio e ajuda.

Aos colegas do PPGEC e do InfoEduc pela amizade, bons momentos de convivência e estudos.

Agradeço a FURG por todo apoio e infra-estrutura para a realização desta pesquisa.

Agradeço também a todas e todos professores que passaram pela minha trajetória acadêmica, só cheguei onde estou graças a vocês.

## RESUMO

A presente dissertação busca compreender as potencialidades pedagógicas sobre o uso de laboratórios virtuais para o Ensino de Física, para isto foi realizada uma revisão sistemática da literatura; análise dos laboratórios e utilização de um laboratório virtual com estudantes. A revisão sistemática foi realizada para: investigar o uso deste recurso e as discussões sobre este tema. A revisão foi realizada a partir da análise das publicações produzidas ao longo de um período de quatro anos em bancos de dados nacionais e internacionais. Posteriormente apresenta uma análise de laboratórios virtuais da plataforma *PhET* para o Ensino de Cinemática, à luz de três critérios pré-definidos: viabilidade técnica, níveis de aprofundamento e índice de contato. Após as análises do laboratório de Energia na Pista de Skate, o mesmo foi utilizado com estudantes do primeiro ano do Ensino Médio. O método de análise das respostas é a teoria dos campos conceituais de Gérard Vergnaud. Foi identificado que independentemente de todos os processos de adaptação para o uso de métodos de Ensino remoto, a pesquisa sobre o uso de laboratórios virtuais para o Ensino da Física é moderada na literatura especializada sobre o assunto. A análise dos laboratórios indicou porcentagens acima de 90% sobre o índice que contabiliza a relação de interação do laboratório com o usuário. Foram identificados três conceitos-em-ação e teoremas-em-ação nas respostas dos estudantes. Em síntese esta pesquisa demonstra que os laboratórios virtuais possuem estratégias potencializadoras para o Ensino de Física, alicerçado na interação e exploração de ambientes virtuais.

## **ABSTRACT**

This dissertation aims to understand the pedagogical potential of using virtual laboratories for Physics education. To achieve this, a systematic literature review was conducted, followed by an analysis of the laboratories and the utilization of a virtual laboratory with students. The systematic review was carried out to investigate the use of this resource and the discussions surrounding this topic. The review was based on an analysis of publications produced over a four-year period in national and international databases. Subsequently, an analysis of virtual laboratories from the PhET platform for teaching Kinematics was conducted, considering three predefined criteria: technical feasibility, levels of depth, and contact index. Following the analysis of the Energy on the Skate Track laboratory, it was utilized with first-year high school students. The analysis of student responses was conducted using Gérard Vergnaud theory of conceptual fields. It was identified that regardless of the adaptation processes for remote teaching methods, research on the use of virtual laboratories for Physics education is moderate in the specialized literature on the subject. The analysis of the laboratories indicated percentages above 90% for the index that accounts for the interaction between the laboratory and the user. Three concepts-in-action and theorems-in-action were identified in the student's responses. In summary, this research demonstrates that virtual laboratories have potent strategies for Physics education, grounded in interaction and exploration of virtual environments.

## LISTA DE ABREVIATURAS

TIC's - Tecnologias da Informação e Comunicação

QS - Questão secundária

FIE - *Frontiers in Education*

Sbie - Simpósio Brasileiro de Informática na Educação

*PhET - Physics Education Technology*

HTML - *HyperText Markup Language*

ACAAP - Repositórios Científicos de Acesso Aberto de Portugal

OasisBR - Portal Brasileiro de Publicações e Dados Científicos em Acesso Aberto

RBEF - Revista Brasileira de Ensino de Física

## **LISTA DE QUADROS**

**Quadro 1** – Perguntas de Pesquisa

**Quadro 2** - Fontes de dados Nacionais e Internacionais

**Quadro 3** - Resultados obtidos

**Quadro 4** - Número final de objetos de estudo

**Quadro 5** – Demonstração dos dados obtidos

**Quadro 6** – Informações dos estudos analisados

**Quadro 7** – Fatores benéficos de laboratórios virtuais em ambientes educacionais

**Quadro 8** – Análise do Laboratório Gravidade e Órbitas

**Quadro 9** - Análise do Laboratório Energia na pista de skate

**Quadro 10** - Análise do Laboratório Movimento de projétil

**Quadro 11** - Categorias da questão 1

**Quadro 12** - Categorias da questão 2

**Quadro 13** - Respostas dos estudantes para a questão 1

**Quadro 14** - Respostas dos estudantes para a questão 2

**Quadro 15** - Conceito-em-ação e teorema-em-ação para a questão 2

**Quadro 16** - Cronograma de atividades da pesquisa

## **LISTA DE FIGURAS**

**Figura 1** – Número de estudos selecionados

**Figura 2** - Porcentagem de estudos selecionados com critérios de exclusão

**Figura 3** – Laboratórios utilizados nos estudos encontrados

**Figura 4** – Métodos utilizados para diagnosticar a aprendizagem

**Figura 5** - Página inicial do laboratório virtual de Gravidades e Órbitas

**Figura 6** - Laboratório virtual de Gravidades e Órbitas

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1 Contribuições da pesquisa	12
2. REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	14
2.1 Questão principal e as questões secundárias	14
2.2 Delimitação do método e campo de pesquisa	14
2.3 Seleção dos dados de estudo	15
2.4 Coleta e aplicação de critérios de exclusão	16
2.5 Coleta de dados	17
2.6 Análise de informações dos dados	18
2.7 Análise das informações coletadas na revisão sistemática	20
3. LABORATÓRIOS DE ENSINO DE FÍSICA	25
4. TRIANÁLISE DO POTENCIAL PEDAGÓGICO	27
4.1 Viabilidade Técnica	27
4.2 Níveis de aprofundamento	28
4.3 Índice de contato	28
5. Análise dos laboratórios	29
<b>6. Utilização da plataforma PhET com estudantes</b>	<b>34</b>
6.1 Fundamentação Teórica	34
6.2 Materiais e métodos utilizados na abordagem	35
6.3 Resultados da abordagem	37
7. DISCUSSÕES	45
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
<b>9. TRABALHOS FUTUROS</b>	<b>49</b>
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
11. APÊNDICES	53



## 1. INTRODUÇÃO

Ao analisar a evolução dos sistemas de comunicação individual nos últimos cem anos, tivemos, inicialmente, cabos telefônicos ocupando espaço em postes, telefones com discos giratórios e dispositivos com uma única função, percebe-se que são bem diferentes dos dispositivos tecnológicos atuais, que possuem numerosas ferramentas disponíveis em dispositivos menores, mais acessíveis e intuitivos. Apesar desta evolução significativa, a Educação permaneceu estagnada, porque, em sua essência, continua da mesma forma, o professor como portador de conhecimento, em pé na frente da classe, e os alunos como receptores sentados e escutando (Maulidah, 2018).

Marc Prensky (2012), um pesquisador e escritor educacional, estabeleceu o conceito de nativo digital para se referir a crianças e adolescentes nascidos após 1980, que tinham contato diário com objetos tecnológicos. Com os nativos digitais vieram grandes imposições ao sistema de Ensino, onde a Educação deveria usar ferramentas tecnológicas para expandir os conhecimentos dos estudantes (Ritta, Piovesan & Siedler, 2020). Mas o fato é que este processo é um fenômeno que deve ocorrer naturalmente em todos os campos, mas a Educação, notadamente, é mais lenta em inovar-se.

Educação e tecnologia estavam em um caminho natural de integração (Kenski, 2003). Entretanto, com a pandemia causada pela COVID-19 no final do ano de 2019, este processo se tornou emergente. Professores, estudantes e profissionais da Educação, em todo o mundo e em todos níveis de Ensino, tiveram que adaptar, seus métodos de Ensino/aprendizagem ao contexto pandêmico, o que aumentou o uso de recursos tecnológicos dentro das atividades acadêmicas.

Durante este período pandêmico, as Tecnologias da Informação e Comunicação tornaram-se fatores inevitáveis para a continuidade do Ensino e manipulação dos espaços digitais de aprendizagem (Dos Santos, Freitas & Lopes, 2020; German et al, 2021). Pensando nos ambientes de Ensino atuais, o trabalho prático é uma característica importante da Educação científica (Pinheiro, 2020). O processo prático não pode ser separado do processo teórico, pois proporciona um ambiente contextualizado e potencializador de Ensino e aprendizagem (Maulidah, 2018).

O Ensino das Ciências da Natureza nos moldes tradicionais, inclusive no Ensino de Física, na qual o professor é o centro do processo (Dos Santos & Amaral, 2012), não atende mais aos interesses dos alunos, muito menos às necessidades da sociedade (Tuyarot & Tesseroli, 2016).

Além de que, o avanço tecnológico da sociedade moderna torna inadequado o uso exclusivo, somente, de ferramentas clássicas de Ensino, como quadro e pincel (Oliveira et al.

2021). O mercado de trabalho exige habilidades avançadas em recursos tecnológicos, e isto reflete em sala de aula, onde professores devem habilitar seus alunos para os problemas encontrados na sociedade atual (Bastos, 2020). Neste contexto é necessário tornar o aluno como parte integrante da construção de seu conhecimento (Lima, Hecher & Boff, 2010), torná-lo agente ativo na sua formação.

Embora a disciplina de Física tenha a proposta de auxiliar no entendimento dos fenômenos presentes no mundo, ela ainda é vista, por muitos alunos, como uma objeção em sua formação (Evald, 2021), tornando-os alunos passivos. Esta dificuldade é enfrentada pelos professores, porém, a disciplina de Física tem um extenso conteúdo programático para um número reduzido de aulas semanais, o que dificulta os processos de Ensino-aprendizagem (Moreira, 2018).

Segundo Moreira (2018), o uso de recursos tecnológicos dentro do Ensino pode proporcionar um avanço educacional necessário na área da Educação, contribuindo para superar a crise que existe em áreas como a Física, onde professores, dos mais diversos níveis de Ensino, enfrentam problemas ao lecionar, especialmente no que diz respeito ao uso de tecnologias educacionais no Ensino.

Neste contexto, (Ritta, Piovesan & Siedler, 2020) consideram que certos conteúdos requerem ferramentas específicas para alcançar bons resultados de aprendizagem. No final de suas pesquisas, demonstram que o uso de um ambiente virtual tem excelentes consequências para o entendimento do aluno sobre o assunto estudado.

Os laboratórios físicos também podem promover processos construtivos de conhecimento favoráveis ao aluno, mas trazem consigo alguns problemas. Pyatt & Sims (2012) afirmam que os experimentos nesses ambientes nem sempre promovem mudanças conceituais no conhecimento dos estudantes.

Com base em Moreira (2017), há vários problemas enfrentados ao conduzir uma atividade laboratorial em espaços físicos, tais como instalações limitadas, alocação de tempo limitada e condições laboratoriais insuficientes para trabalhar conceitos específicos. Isto acaba levando a experiências laboratoriais em espaços lotados, que não são muito encorajadoras e estão longe de qualquer construção de conhecimento.

Problemas de segurança, tais como danos físicos e manuseio de material perigoso, também são considerados em laboratórios físicos, dependendo da instrumentação utilizada. Ao considerar os problemas enfrentados neste tipo de ambiente, os laboratórios virtuais podem ser uma alternativa viável para superar estes problemas (Tatli & Ayas, 2013).

Os laboratórios virtuais simulam o ambiente e os processos de laboratórios físicos e são definidos como um ambiente de aprendizagem no qual os estudantes convertem seus conhecimentos teóricos em conhecimentos práticos através da realização de experimentos (Delamuta et al, 2021). São projetados e sequenciados de tal forma que simulam a realidade, e podem às vezes ser uma alternativa preferível, ou simplesmente um ambiente de aprendizagem de apoio aos laboratórios físicos (Tatli & Ayas, 2013).

Incluir TIC 's no Ensino, é alfabetizar os cidadãos dentro da Ciência, formar pessoas capacitadas para as necessidades atuais da sociedade (Santos & Schnetzler, 1997). Não se trata de utilizar a tecnologia educacionais como ferramentas demonstrativas, mas sim, de formar um indivíduo capaz de agir, compreender e tomar decisões embasadas em seu conhecimento (Fourez, 1995).

Por acreditar na importância da implementação das simulações virtuais como uma estratégia de Ensino capaz de auxiliar os alunos na construção de conhecimentos significativos, utiliza-se, neste trabalho, a plataforma *PhET Interactive Simulations*<sup>1</sup> da Universidade do Colorado, que trabalha com a elaboração e divulgação de simuladores educacionais para o Ensino de Ciências.

Pretende-se com este trabalho compreender quais são as potencialidades pedagógicas presentes em um laboratório virtual para o Ensino de Cinemática. Para isto foram delimitados os seguintes objetivos específicos:

- Conhecer quais os laboratórios virtuais mais utilizados para o Ensino de Cinemática;
- Estudar qual é o impacto do uso de laboratórios virtuais no Ensino de Cinemática;
- Compreender como são avaliados os diagnósticos de aprendizagem de atividades com o auxílio de laboratórios virtuais;
- Utilizar um laboratório virtual com estudantes do Ensino Médio para verificar suas potencialidades em ambientes educacionais.

## **1.1 Contribuições da pesquisa**

As principais contribuições que emergiram desta pesquisa, no âmbito científico, tecnológico e social são:

---

<sup>1</sup> [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/)

- Elaboração de uma metodologia de análise que irá auxiliar profissionais da Educação em estudos sobre ferramentas educacionais;
- Propiciar discussões sobre o uso de tecnologias na Educação;
- Fornecer estudos sobre a utilização de laboratórios virtuais para o Ensino de Cinemática;
- Desenvolver material científico para desenvolvimento de estratégias para a Educação tecnológica, corroborando com a terceira linha de pesquisa do PPGEC: Tecnologias na Educação.

Nesta pesquisa, segue-se o seguinte roteiro:

O capítulo 2 aborda a revisão sistemática da Literatura, onde são ilustrados os trabalhos relacionados que existem na literatura, e demonstrando dados para responder às perguntas de pesquisa.

O capítulo 3 versa sobre laboratórios de Ensino de Física físicos e virtuais, e sobre a plataforma *PhET*.

O capítulo 4 discute a Tri-análise do Potencial Pedagógico, uma ferramenta metodológica de análise, desenvolvida para analisar ferramentas educacionais.

O capítulo 5 demonstra as análises realizadas nos laboratórios virtuais da plataforma *PhET*, detalhando a ferramenta de análise e seus critérios.

O capítulo 6 debate a utilização e os resultados de um laboratório virtual com estudantes do Ensino Médio.

O capítulo 7 apresenta as discussões finais da dissertação.

No capítulo 8 são apresentadas as considerações finais. E por fim, no capítulo 9 algumas possibilidades de trabalhos futuros.

## 2. REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

A busca e dinâmica da revisão sistemática foi baseada no processo descrito por Kitchenham e Charters (2007). De acordo com os autores a revisão sistemática consiste nos seguintes passos:

- Pergunta principal de pesquisa acompanhada de perguntas secundárias;
- Delimitação da metodologia utilizada na pesquisa;
- Seleção do corpus de estudo;
- Coleta de dados e informações presentes nos objetos de estudo.

### 2.1 Questão principal e as questões secundárias

O Quadro abaixo apresenta a questão motivadora desta revisão bibliográfica e as questões que ajudam na reflexão e objetivação da pesquisa.

**Quadro 1 – Perguntas de Pesquisa**

Tipo	Abreviatura	Questão
Principal	QP	Quais são as potencialidades pedagógicas presentes em um laboratório virtual?
Secundária	QS1	Quais laboratórios são usados para construir os conceitos?
Secundária	QS2	Qual é o impacto do uso de laboratórios virtuais no Ensino da Física?
Secundária	QS3	Como são avaliados os diagnósticos de aprendizagem?

**Fonte:** autor

### 2.2 Delimitação do método e campo de pesquisa

Esta etapa apresenta os critérios utilizados na Pesquisa: os bancos de dados consultados (nacionais e internacionais), as palavras-chave utilizadas, os idiomas incluídos, o período coberto e a técnica de pesquisa.

Os repositórios incluem em suas bases de dados: anais de eventos, periódicos e revistas, sendo selecionada com base em sua relevância para o tema, qualidade da revista e reconhecimento dentro da área. Assim, foram designadas sete bases de dados nacionais e seis internacionais, totalizando 13 bases de dados de estudos, detalhadas de acordo com o quadro 2:

**Quadro 2** - Fontes de dados nacionais e internacionais

Bases nacionais	Bases internacionais
Revista de estudos e pesquisas sobre ensino tecnológico (EDUCITEC)	<i>Open Access Scientific Repositories of Portugal (ACAAP)</i>
Revista novas tecnologias na Educação (RENOTE)	<i>Association for Computing Machinery (ACM digital library)</i>
Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)	<i>Scientific Electronic Library Online (SciELO)</i>
Portal Brasileiro de Publicações e Dados Científicos em Acesso Aberto (OASISBR)	<i>IEEE Explore</i>
Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF)	<i>Annals of Frontiers in Education (FIE)</i>
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC)	<i>Sistema de Información Científica Redalyc</i>
Revista do Professor de Física (RPF)	

**Fonte:** autor

Como critério de refinamento, foram escolhidos os idiomas Português e Inglês, com um intervalo temporal de 4 anos (2018 a 2021) as palavras-chave utilizadas nas buscas dos repositórios foram: laboratório virtual, Ensino de Física e Ensino remoto, e seus equivalentes em inglês: *virtual laboratory*, *physics education and remote teaching*. A fim de otimizar a busca de resultados mais relevantes e reduzir o risco de excluir resultados importantes, foram utilizados os conectores "and" e "or", o demonstrativo das *strings* utilizadas estão destacadas abaixo:

- “Ensino de Física” AND “laboratório virtual”;
- “Ensino de Física” AND “Ensino remoto”;
- “Ensino de Física” AND (“laboratório virtual” OR “Ensino remoto”)
- *"Physics teaching" AND "virtual laboratory"*;
- *"Physics teaching" AND "remote teaching"*;
- *"Physics teaching" AND ("virtual laboratory" OR "remote teaching")*.

### 2.3 Seleção dos dados de estudo

Nesta etapa, são coletadas publicações potencialmente relevantes. O quadro 3 mostra os resultados encontrados e distribuídos por banco de dados/repositórios.

**Quadro 3 - Resultados obtidos**

Banco de dados	Número de estudos
Portal Brasileiro de Publicações e Dados Científicos em Acesso Aberto (OASISBR)	11
<i>Open Access Scientific Repositories of Portugal (ACAAP)</i>	4
<i>Sistema de Información Científica Redalyc</i>	2
Revista novas tecnologias na educação (RENOTE)	1
Revista de estudos e pesquisas sobre ensino tecnológico (EDUCITEC)	1
Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)	1
<i>Annals of Frontiers in Education (FIE)</i>	1
<i>IEEE Explore</i>	1
<i>Association for Computing Machinery (ACM digital library)</i>	0
<i>Scientific Electronic Library Online (SciELO)</i>	0
Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF)	0
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC)	0
Revista do professor de Física (RPF)	0

**Fonte:** autor

## 2.4 Coleta e aplicação de critérios de exclusão

Segundo Kitchenham e Charters (2007), os critérios de inclusão e exclusão visam identificar documentos que forneçam considerações diretas com as perguntas da pesquisa. O quadro 4 apresenta os resultados:

**Quadro 4 – quantidade final de objetos de estudo**

Banco de dados	Número de estudos
Portal Brasileiro de Publicações e Dados Científicos em Acesso Aberto (OASISBR)	5
<i>Open Access Scientific Repositories of Portugal (ACAAP)</i>	2
Revista novas tecnologias na Educação (RENOTE)	1
Revista de estudos e pesquisas sobre ensino tecnológico (EDUCITEC)	1
Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)	1

<i>Annals of Frontiers in Education (FIE)</i>	1
<i>IEEE Explore</i>	0
<i>Association for Computing Machinery (ACM digital library)</i>	0
<i>Scientific Electronic Library Online (SciELO)</i>	0
<i>Sistema de Información Científica Redalyc</i>	0
Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF)	0
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC)	0
Revista do Professor de Física (RPF)	0

Fonte: autor

## 2.5 Coleta de dados

O processo de extração de informações dos dados consiste em conceder respostas às perguntas secundárias relativas à pesquisa. Esta técnica ajuda na classificação dos documentos analisados e garante sua veracidade (Sampaio & Mancini, 2007). O quadro 5 mostra as informações obtidas através da extração dos dados:

**Quadro 5** – Demonstração dos dados obtidos

Questão secundária 1	
Laboratórios utilizados	resultados
Laboratórios da plataforma <i>PhET</i>	6
OpenSim	1
Simulação	1
RexLab	1
LRA	1
Graxaim/Laboratório Virtual de Termodinâmica	1
LabVirt	1
Questão secundária 2	
Impacto positivo	11
Impacto negativo	0
Questão secundária 3	

Questionário	7
Atividade experimental avaliativa	3
Entrevista	1

**Fonte:** autor

## 2.6 Análise de informações dos dados

O artigo encontrado na revista RENOTE (Nicolete et al, 2021) utiliza três laboratórios virtuais para o Ensino da Física. O artigo encontrado nos anais do *Frontiers in Education* (Criollo-C) não utiliza nenhum laboratório virtual, pois, o trabalho encontrado é uma pesquisa sobre a aceitação do uso da mídia online por parte dos professores de Física.

Outro destaque é o Impacto referente às potencialidades pedagógicas presentes no uso de laboratórios virtuais no Ensino da Física, sejam elas positivas ou negativas. Em outras palavras, se o uso do laboratório contribui na construção de conhecimento dos conceitos.

As atividades de avaliação experimental consistiram num estudo conjunto do laboratório (alunos e professor), posteriormente os alunos usaram o ambiente para realizar uma simulação e apresentá-la.

Dos estudos selecionados, doze apresentaram respostas à pergunta QS1 - "Quais laboratórios são usados para expor os conceitos?". Sete laboratórios virtuais diferentes foram encontrados. Entretanto, o mais utilizado é a plataforma *PhET*, presente em seis estudos, demonstrando a preferência dos pesquisadores no uso deste ambiente para construir conceitos de Física.

Quanto a QS2 - "Qual é o impacto do uso de laboratórios virtuais no Ensino da Física", apresentou um índice inteiramente positivo para o uso de laboratórios virtuais no Ensino da Física.

A QS3 - "Como são avaliados os diagnósticos de aprendizagem", mostrou que os questionários são os recursos mais utilizados para diagnóstico, mas os laboratórios virtuais permitem o uso de práticas de avaliação como forma de avaliação, já que, ao contrário de um laboratório Físico, todos os alunos têm acesso às ferramentas e podem utilizar a experimentação várias vezes.

Durante a análise, para melhor entendimento dos materiais, destacou-se, no quadro 6, as informações sobre objetivos, metodologias e resultados encontrados nos estudos analisados.

**Quadro 6 - Informações dos estudos analisados**

Autores; Ano	Objetivo	Metodologia	Resultados
Maulidah, S. S.; Prima, E. C., 2018.	Analisar o uso da plataforma <i>PhET</i> como um laboratório virtual para o conteúdo de ondas e sons.	Método descritivo com triangulação metodológica como desenho da pesquisa.	De acordo com a análise do resultado, a utilização do laboratório virtual em uma atividade para o estudo de cordas é recomendada e trouxe impactos positivos no entendimento dos alunos sobre o assunto.
Xavier, A. P., 2018.	Investigar a aprendizagem de conteúdos de Física em estudantes do Ensino Médio, contrapondo abordagens investigativas e tradicionais em laboratórios virtuais e físicos.	Pesquisa quantitativa, pautada nos modelos probabilísticos e técnicas da modelagem Rasch	A abordagem investigativa favorece mais a aprendizagem de conteúdo formal do que a abordagem tradicional.
Porto, L. E. S., 2018.	Compreender as potencialidades de um novo recurso didático nas aulas de Física no Ensino Médio pela experimentação de um conjunto de atividades didáticas de Termodinâmica.	<i>Education Design Research (EDR)</i>	Alcançou-se uma maior adesão e permanência nos estudos de RP além de ampliar os espaços de estudo dos alunos com uma atividade didática de maior potencial desafiador que as aulas expositivas tradicionais.
Sousa, F. L. de; Travain, S. A.; Assis, G. T. de, 2019.	Descrever a proposta, o desenvolvimento e a validação de uma plataforma de simuladores, voltada para a disponibilização e avaliação de simulações computacionais referentes ao Ensino de conteúdos de Física.	Pesquisa qualitativa realizada a partir de experimentos práticos com grupos de usuários.	Os autores consideram satisfatória a usabilidade da plataforma proposta e também uma adequada compreensão do processo de argumentação desenvolvido pelos usuários ao realizar as atividades estabelecidas pela plataforma.
Ferreira, V. A., 2019.	Apresentar o potencial da realidade aumentada para o desenvolvimento da habilidade de visualização espacial, com destaque na aprendizagem de Física.	Desenvolvimento de aplicativos e estudo <i>quasi</i> -experimental com estudantes.	Apresentou benefícios práticos das interações realizadas pelos estudantes com o aplicativo, ao se observar que as interações com os recursos educacionais aumentaram.
Barbosa, W. P., 2019.	Utilizar os textos do GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física), sobre circuitos elétricos associados com o cotidiano, tendo como complemento de estudo o desenvolvimento de atividades práticas em laboratórios da plataforma <i>PhET</i> .	Roteiro com atividades, que utilizam simulações computacionais no formato de um laboratório virtual	O autor considera que o roteiro de estudos juntamente com a utilização da simulação do <i>PhET</i> , promoveram uma oportunidade para que os alunos assimilassem o conteúdo de eletrodinâmica de uma forma diferenciada
Silva, I. P. da; Mercado, L. P. L., 2020.	Analisar, a partir de uma Revisão Sistemática de Literatura, pesquisas com foco no uso de laboratórios de Ensino de Física mediados por interfaces digitais entre 2005 e 2015.	Revisão sistemática da Literatura.	Demonstrou que Laboratórios podem favorecer experiências de ensino e pesquisa que transcendem as impossibilidades do espaço-tempo dos laboratórios tradicionais.
Ribeiro, J. P. M., 2020.	Compreender a análise da integração de ferramentas alternativas de Ensino, como o laboratório virtual <i>PhET</i> , e filmes de ação com características didáticas.	Pesquisa qualitativa e quantitativa, o autor fez uso de questionários com questões conceituais para coletar os dados.	Quando são utilizadas metodologias alternativas no Ensino de Física, o ganho conceitual por parte dos alunos é maior do que quando há apenas uma aula expositiva e dialogada.

Souza, F. F., 2021.	Produzir um material didático e instrucional contendo roteiros com atividades experimentais para auxiliar as aulas de Física do 1º ano do Ensino Médio por meio de simulações disponíveis nos softwares educacionais LabVirt e <i>PhET</i> .	Desenvolvimento de materiais didáticos.	Ao utilizar o material proposto os alunos e professores conheceram e se familiarizaram com mais de um software, ampliando as possibilidades de utilização dos conteúdos estudados e desenvolvendo atividades experimentais.
Nicolete, P. C.; Herrmann, F. D. R.; Oliveira, E. T.; Tarouco, L. M. R., 2021.	Investigar se o uso de laboratórios online alinhados ao Ciclo de aprendizagem Experiencial de David Kolb contribui para a motivação dos estudantes em aprender Circuitos Elétricos.	Ciclo de aprendizagem Experiencial de David Kolb.	Os laboratórios online e a aprendizagem experiencial tem potencial para oferecer níveis elevados de motivação aos estudantes.
Criollo-C, S.; Moscoso-Zea, O.; Guerrero-Arias, A.; Jaramillo-Alcazar, Á.; Luján-Mora, S., 2021.	Desenvolver um mapeamento sistemático que inclui trabalhos de pesquisa empírica de 2015 a 2020 que estudam inovações nas práticas educacionais usando dispositivos móveis.	Mapeamento sistemático.	O papel do professor é a dimensão menos analisada nas iniciativas de inovação, enquanto que a dimensão mais analisada é a finalidade da aprendizagem.

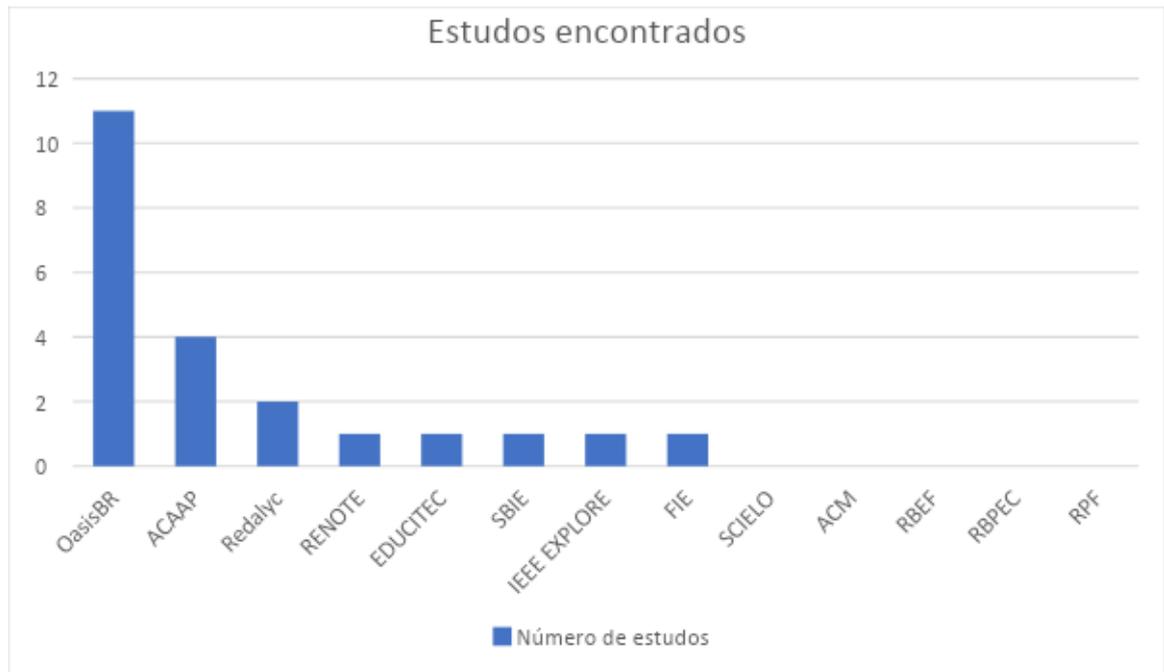
**Fonte:** autor

## 2.7 Análise das informações coletadas na revisão sistemática

Consiste em uma leitura detalhada que permite uma melhor compreensão e visualização dos dados e a apresentação de novas informações.

A Figura 1 apresenta um resumo do número de estudos selecionados a partir dos repositórios de dados. Nesta pesquisa, o maior número de trabalhos é encontrado no Portal Brasileiro de Publicações e Dados Científicos em Acesso Aberto, seguido por repositórios científicos de acesso aberto de Portugal (*ACAAP*).

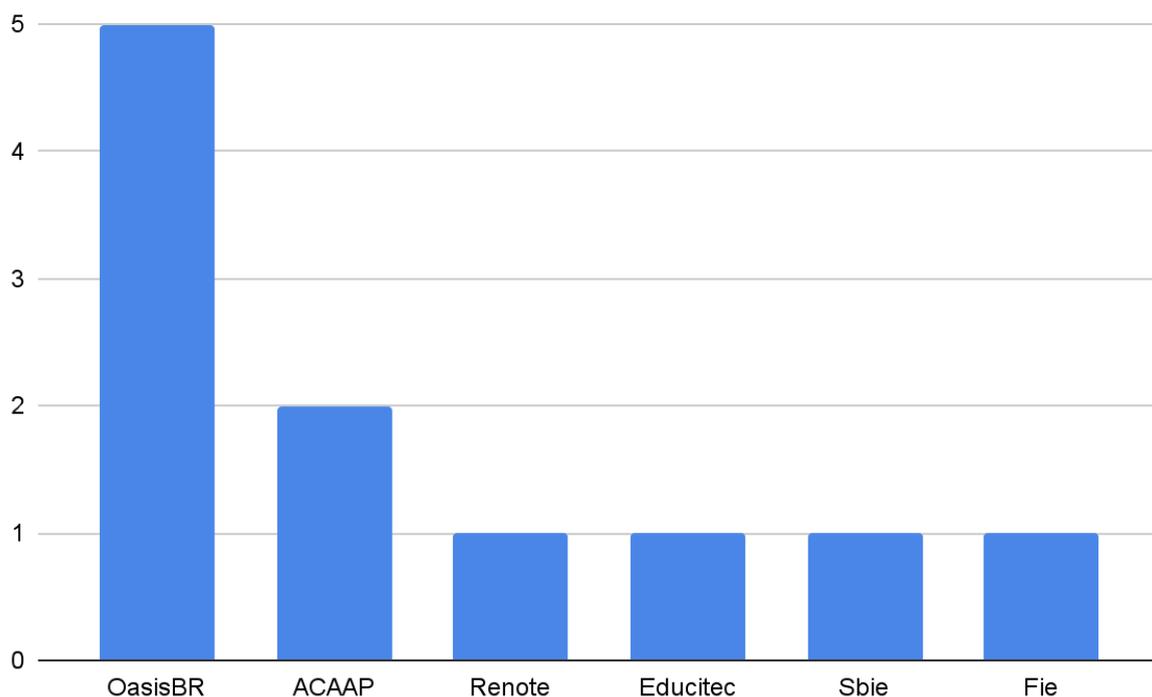
**Figura 1** – Número de estudos selecionados



**Fonte:** autor

A Figura 2 mostra os estudos selecionados após a aplicação dos critérios de inclusão/exclusão. OasisBR contempla cinco trabalhos, o banco de dados *ACAAP* apresentou dois dos trabalhos referentes a esta revisão sistemática da literatura, seguidos por RENOTE, SBIE, EDUCITEC e *FIE*, que aparecem com um trabalho em cada repositório.

**Figura 2** - Número de estudos selecionados com critérios de exclusão

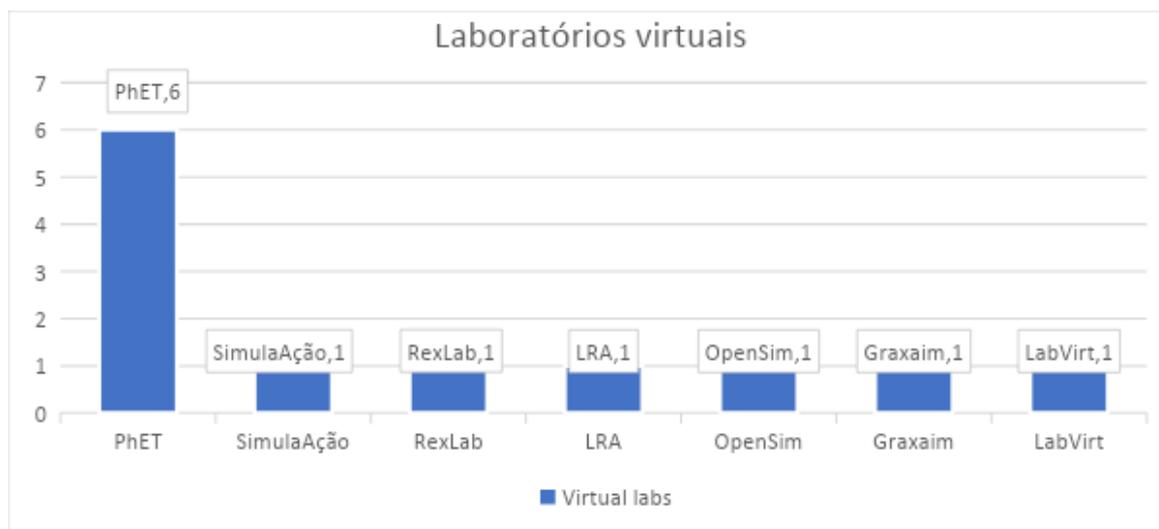


**Fonte:** autor

A figura 3 contempla a questão QS1, ou seja, quais laboratórios são utilizados para a construção de conceitos, que foram encontrados nos estudos selecionados. A pesquisa indicou que os laboratórios virtuais da plataforma *PhET* são os mais utilizados nos estudos selecionados, SimulaAção, LRA, RexLab, OpenSim, Graxaim e LabVirt são utilizados, no entanto, em menor número.

A maior utilização da plataforma *PhET* deve-se à sua flexibilidade de poder ser utilizada tanto na Internet quanto em computadores sem esta tecnologia, apenas realizando o download do laboratório para um dispositivo de armazenamento e conectá-lo ao computador (Pagel, Candia & Beck, 2020).

**Figura 3** – Laboratórios utilizados nos estudos encontrados



**Fonte:** autor

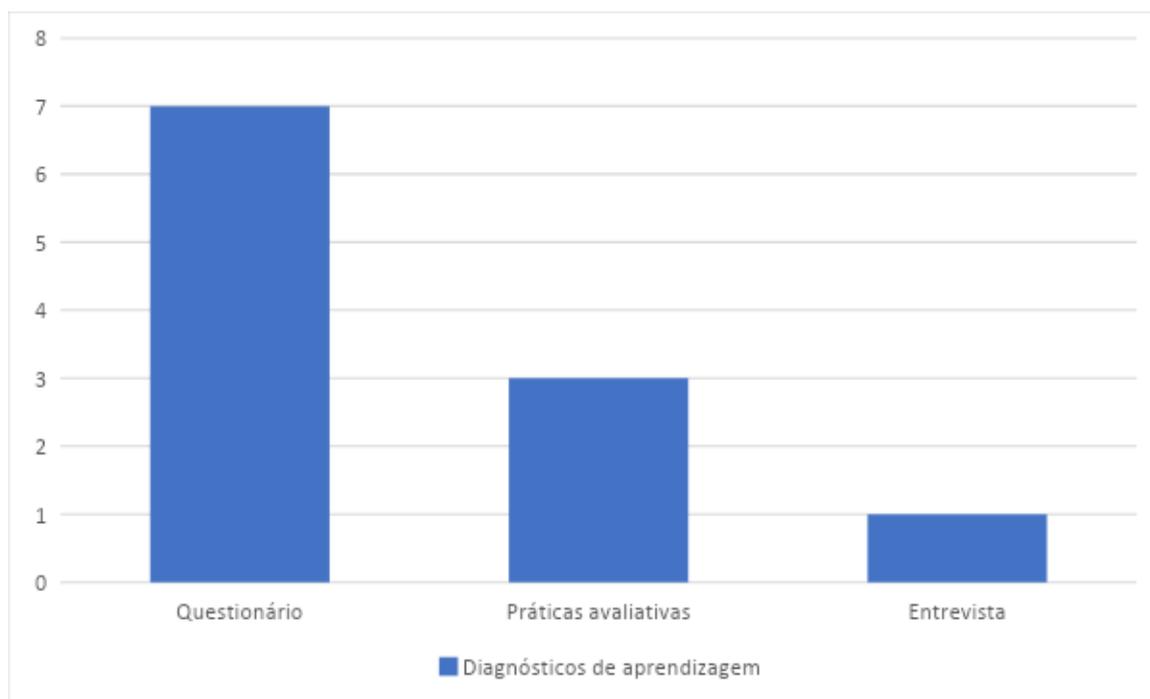
Os pesquisadores Luketik & Dolan (2013) e Criollo, Moscoso & Guerrero (2021) afirmam que a percepção dos usuários sobre seu ambiente de aprendizagem influencia como e em que medida ele interioriza e utiliza o conhecimento.

Na QS2, o objetivo era compreender o impacto do uso de laboratórios virtuais no Ensino da Física. 100% dos estudos selecionados mencionam o uso de laboratórios virtuais no Ensino da Física como um fator de impacto positivo.

Pesquisas na área de Ciências Naturais determinaram que a utilização de um laboratório virtual no processo instrucional melhora o desempenho do estudante (Cruz, Porto & Laudares, 2015; Dos Santos & Amaral, 2012; Pagel, Candia & Beck, 2020; Pinheiro, 2020) e tem efeitos positivos nas considerações dos estudantes sobre os instrumentos de laboratório (Caramelo et al, 2010; Pyatt & Sims, 2012; Tatli & Ayas, 2013). A análise realizada dentro dos objetos encontrados corrobora com o impacto positivo que esta metodologia traz para o Ensino da Física.

A QS3 tem como objetivo interpretar como são avaliados os diagnósticos de aprendizagem dos estudos selecionados. Processo fundamental para a elaboração de metodologias ativas com o auxílio de tecnologias virtuais no Ensino de Ciências e na construção de políticas públicas escolares.

**Figura 4 – Métodos utilizados para avaliar a aprendizagem**



**Fonte:** autor

Ao analisar os resultados encontrados, os questionários foram os mais utilizados, aparecendo em sete trabalhos, seguido por práticas avaliativas presentes em três fontes de dados, a entrevista foi utilizada em uma pesquisa dentro dos objetos de estudo selecionados. Sendo assim, os critérios de avaliação se limitam a três métodos diferentes.

### 3. LABORATÓRIOS DE ENSINO DE FÍSICA

Os estudos sobre a utilização de instrumentalizações em laboratórios percorrem mais de cem anos dentro dos estudos sobre as Ciências, na década de 1880 as atividades de laboratório já foram utilizadas para o Ensino de Química (Fay, 1931). O Ensino com auxílio de laboratórios era considerado parte essencial, tendo em vista o provimento de treinamento para a observação do estudante, além de fornecer informações mais detalhadas dos processos científicos e estimular o interesse dos alunos. Estas considerações ainda são aceitas nos dias atuais (Rodriguez-Gil, 2017).

Os laboratórios online são instrumentos tecnológicos que permitem ao usuário explorar atividades experimentais e essa interação é mediada por tecnologias digitais (Delamuta et al. 2021). Existem diferentes categorias de laboratórios online: virtuais, remotos e híbridos. Os virtuais são simulações onde é possível reproduzir qualquer situação encontrada em ambientes físicos, os remotos são ambientes em que o aluno pode manipular equipamentos reais de um local diferente, ou seja, à distância e os híbridos misturam os componentes virtuais e remotos em um esforço para aproveitar as vantagens de ambos (Rodriguez-Gil et al. 2017).

Segundo Pyatt & Sims (2012), às experiências em laboratórios físicos nem sempre promovem mudanças conceituais nos conhecimentos dos usuários e os laboratórios físicos também podem propiciar os processos de Ensino-aprendizagem de Física, mas sem resolver os problemas de entendimento dos fenômenos pelos alunos.

Um laboratório online é projetado e sequenciado de tal maneira que possibilita ao usuário sensações reais do manuseio e interação com equipamentos e/ou substâncias, este tipo de laboratório pode ser uma alternativa preferível, ou simplesmente um ambiente de Ensino de suporte para laboratórios físicos (Tatli & Ayas, 2013).

O laboratório virtual empregado à Educação promove diversos fatores em espaços acadêmicos, como: Acessibilidade, segurança, custo benefício, flexibilidade, análise dos dados encontrados e colaboração. O quadro 7 apresenta os detalhes de cada fator em ambientes educacionais.

**Quadro 7** – fatores benéficos de laboratórios virtuais em ambientes educacionais

Fator	Benefício
Acessibilidade	São acessíveis de qualquer lugar, a qualquer momento, desde que o usuário tenha acesso a um computador e uma conexão com a Internet. Isto significa que os alunos podem conduzir experimentos e praticar suas habilidades fora do horário tradicional da sala de aula.

Segurança	Os laboratórios virtuais oferecem um ambiente seguro e controlado para que os alunos possam fazer experimentos sem o risco de ferimentos ou danos ao equipamento.
Custo Benefício	São mais econômicos do que os laboratórios tradicionais, pois não exigem a compra de equipamentos caros ou o custo de manutenção de um laboratório físico.
Flexibilidade	Podem ser facilmente personalizados de acordo com as necessidades de cada estudante, permitindo-lhes trabalhar em seu próprio ritmo e explorar diferentes conceitos.
Análise dos dados	Os laboratórios virtuais frequentemente vêm com ferramentas embutidas de análise de dados, que permitem aos estudantes analisar com rapidez e precisão seus resultados experimentais.
Colaboração	Podem facilitar a colaboração entre os estudantes e entre aluno e professor, assim como proporcionar oportunidades de Ensino à distância.

**Fonte:** autor

Com o auxílio da revisão sistemática, pode-se ter conhecimento de que os laboratórios virtuais mais utilizados na literatura são os presentes na plataforma *PhET*, e por isso, neste trabalho serão analisados e utilizados os laboratórios presentes nessa plataforma.

A plataforma *PhET* oferece simulações de Ciência e Matemática, gratuitas, interativas e baseadas em pesquisa, onde são realizados testes e avaliações em cada simulação para garantir a eficácia educacional.

Nessas simulações, enfatiza-se as conexões entre os fenômenos da vida real e a Ciência subjacente, e procura-se tornar os modelos visuais e conceituais de físicos especialistas acessíveis aos usuários. Utiliza-se uma abordagem baseada em pesquisa nos projetos, ou seja, incorporando os resultados de pesquisas anteriores para criar ambientes que apoiam o envolvimento dos estudantes e a compreensão dos conceitos de Física.

Os laboratórios virtuais presentes na plataforma utilizam a linguagem de marcação de *hypertexto* versão 5 HTML5 (*Hypertext Markup Language*), com algumas simulações nas linguagens de programação Java ou Flash (estão em processo de atualização para HTML5). Os laboratórios virtuais utilizados nesta pesquisa possuem acesso de maneira on-line ou off-line, caso o download tenha sido realizado anteriormente.

## 4. TRIANÁLISE DO POTENCIAL PEDAGÓGICO

A constante evolução das tecnologias causa uma sensação de incessante busca por adequação aos novos meios tecnológicos e quando se pensa em Educação, imagina-se que as ferramentas ideais possuam caráter motivador para a Aprendizagem, contudo, com a análise das ferramentas tecnológicas, surgem preocupações no Ensino, pois, como comenta Kenski (2003), as tecnologias empregadas na Educação se caracterizam pelo envolvimento de diversos procedimentos, em um processo de síntese e o surgimento de novos estilos de raciocínio, além do estímulo ao uso de novas percepções e sensibilidades.

A Trianálise do Potencial Pedagógico foi desenvolvida para suprir a necessidade de analisar as potencialidades pedagógicas de uma ferramenta educacional, usando critérios pré-definidos para estudar as características presentes nestas ferramentas e, neste trabalho, investigar os laboratórios virtuais da plataforma *PhET* para o Ensino de Mecânica, que estuda o movimento dos corpos.

Esta ferramenta metodológica de análise foi desenvolvida em um grupo de pesquisa financiado com bolsa de desenvolvimento tecnológico CNPq, no qual o autor desta Dissertação fez parte.

Os critérios pré-definidos são viabilidade técnica, níveis de aprofundamento e índice de contato e servem como instrumentos de análise e irão alicerçar as discussões realizadas no presente trabalho. Abaixo estará a contextualização dos critérios.

### 4.1 Viabilidade Técnica

O uso de laboratórios virtuais e remotos apresentam resultados promissores pois são recursos que proporcionam excelente estratégia para potencializar o Ensino sem os altos custos da criação, elaboração e manutenção de laboratórios físicos.

Destaca-se, que seu uso é indicado para qualquer disciplina que necessite de laboratório, pois, são recursos que permitem, também, o acesso com distanciamento requerido pelos protocolos de saúde, em situações de emergência, como as causadas pela pandemia de Covid-19, que inviabiliza a presença de estudantes em laboratórios físicos (Rodríguez-Gil et al. 2017).

Compreender as formas de acesso a uma ferramenta é um critério importante na análise de um recurso educacional (Gadotti, 2012) e com o auxílio da viabilidade técnica é possível investigar como utilizar uma ferramenta pedagógica, com informações importantes sobre esse recurso a ser explorado, estes dados estão associados ao maquinário necessário para seu uso, sobre sua utilização ser de forma online ou offline, dos requisitos específicos necessários para

seu funcionamento, recursos inclusivos e outras funções que dependem de cada recurso educacional analisado.

## 4.2 Níveis de aprofundamento

A experimentação remota é uma aplicação educacional que permite que os usuários busquem informações do mundo real a partir de um computador, permitindo executar ações em dispositivos externos a este, a fim de obter resultados instantâneos (Borges, 2000).

Este processo visa coletar dados para orientar como os usuários devem utilizar o laboratório, em uma tarefa específica, em determinado ambiente, sendo parte fundamental determinar quais os pressupostos pedagógicos presentes na ferramenta, para cada usuário. Compreender suas funcionalidades, aplicações e propriedades, é parte essencial do estudo sobre tecnologias empregadas na Educação (Nicolete et al., 2021).

## 4.3 Índice de contato

O índice de contato é uma medida quantitativa que contabiliza o percentual de interação entre o usuário e um determinado conteúdo estudado mediado por uma ferramenta educacional. Ao inspecionar uma interface, o avaliador assume a posição de usuário final (aluno) e leva em consideração seu conhecimento e experiência em algumas atividades oferecidas pelo recurso, com a finalidade de identificar problemas, erros nestas propostas, ou seja, caminhos pedagógicos que o usuário pode percorrer e ajudá-lo no processo de aprendizagem.

Este método de inspeção permite examinar um recurso tecnológico e prever as possíveis consequências de seu uso em ambientes reais de Ensino/aprendizagem.

A **fórmula 1** apresenta como é calculado o índice:

### Fórmula 1 - Cálculo do índice de contato

$$\text{ÍNDICE DE CONTATO} = \frac{\text{TEMPO DE CONTATO DO USUÁRIO (segundos)}}{\text{TEMPO TOTAL (segundos)}} \times 100$$

**Fonte:** Autor

## 5. Análise dos laboratórios

Os quadros 8, 9 e 10 detalham a Trianálise do Potencial Pedagógico, onde serão apresentados os critérios pré-definidos e seus resultados, utilizando os laboratórios virtuais: Gravidade e órbitas<sup>2</sup>, Movimento de projétil<sup>3</sup> e Energia na pista de skate<sup>4</sup> presentes na plataforma *PhET*.

**Quadro 8 – Análise do Laboratório Gravidade e Órbitas**

Critério	Análise	Observações
Viabilidade técnica	O acesso pode ser realizado on-line ou off-line se o download do laboratório tenha sido realizado anteriormente; Compatível com plataforma <i>Google class room</i> ; Simulações em HTML5 funcionam em computadores portáteis (iPads e <i>Chromebooks</i> ), e navegadores atualizados independente do Sistema Operacional (Windows, Mac ou Linux); Zoom e Panorama são apresentados como recursos inclusivos.	As modificações realizadas pelo usuário, durante as simulações, utilizam controles deslizantes localizados no menu lateral do laboratório, ou por movimentação manual dos corpos, estabelecendo mudanças significativas na movimentação e na força gravitacional. A interface de acesso é intuitiva e de fácil interação.
Níveis de aprofundamento	O laboratório possui muitas funcionalidades, possibilitando a análise de diferentes propriedades presentes no estudo de cinemática, tais como: Descrever a relação orbital entre Sol, Terra, Lua e estação espacial e suas posições; Comparar o tamanho e a distância entre o Sol, a Terra, a Lua e satélites artificiais; Delinear como a força gravitacional controla o movimento de nosso sistema solar; Identificar as variáveis que afetam a força gravitacional; simular como o movimento mudaria se a gravidade fosse alterada.	Existem numerosos fatores que influenciam na utilização do laboratório, por exemplo, a alteração da massa dos corpos analisados, ocasionando variação no resultado da equação que descreve o movimento, sendo percebido em tempo real, com resultados visuais impossíveis de serem estabelecidos em uma aula tradicional <sup>5</sup> . O laboratório possibilita analisar diversas situações, podendo ser utilizado em qualquer nível de aprendizagem, abrangendo desde a Educação Básica até o Ensino Superior.
Índice de contato	Neste experimento o valor de 94,5% foi encontrado para o índice de contato. Para o cálculo foi usada a fórmula 1 apresentada anteriormente com os valores abaixo: Tempo de contato do usuário: 567 segundos, Tempo total: 600 segundos; $IC = \frac{567s}{600s} \times 100 = 94,5\%$	Os valores foram encontrados a partir de simulações realizadas pelos autores no laboratório virtual e, dependendo do usuário, este valor pode sofrer alterações. O utilizador controla e influencia os acontecimentos no laboratório e operar a experimentação de forma automática para analisar uma representação real do sistema solar, tendo alterações entre os sistemas pares: Terra-Lua, Sol-Terra e Terra-Satélite artificiais O valor alto de índice de contato indica que este laboratório é uma ferramenta potencializadora para o Ensino de Física.

Fonte: autor

<sup>2</sup> [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/gravity-and-orbits](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/gravity-and-orbits)

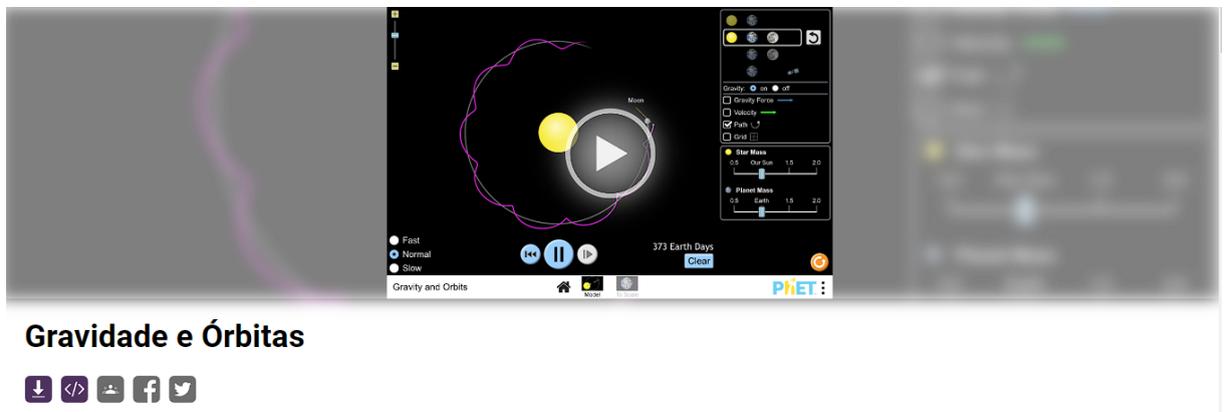
<sup>3</sup> [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/projectile-motion](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/projectile-motion)

<sup>4</sup> [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/energy-skate-park](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/energy-skate-park)

<sup>5</sup> Entende-se por aula tradicional, aquela que não utiliza recursos tecnológicos e não potencializa a construção de conhecimentos (Moreira, 2018).

A figura 5 apresenta a página inicial do laboratório virtual Gravidades e Órbitas, possibilitando que o usuário entre para sua utilização, como também, faça o download, compartilhe em redes sociais e adicione diretamente no *Google Classroom*<sup>6</sup>.

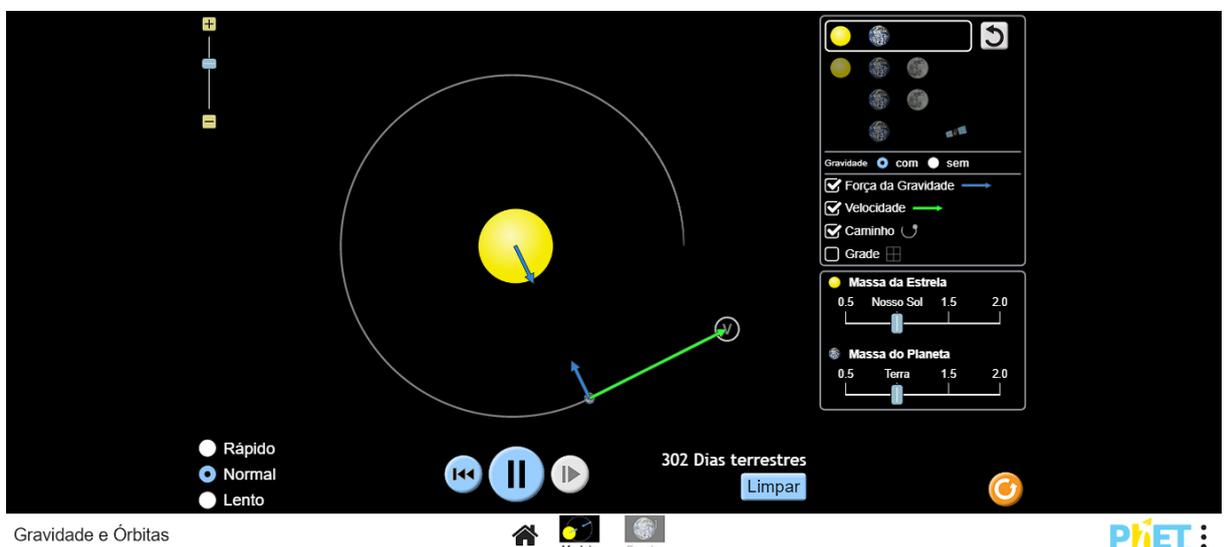
**Figura 5:** Página inicial do Laboratório virtual de Gravidades e Órbitas



**Fonte:** autor

A figura 6 é uma imagem real do experimento virtual no laboratório, que mostra todos os controles disponíveis no menu lateral. Ao centro, uma simulação acontecendo entre o Sol e a Terra.

**Figura 6:** Laboratório Virtual de Gravidades e Órbitas



**Fonte:** autor

<sup>6</sup> Google Classroom é um sistema de gerenciamento de conteúdo para ambientes educacionais

**Quadro 9 - Análise do Laboratório Energia na pista de skate**

Critério	Análise	Observações
Viabilidade Técnica	<p>O acesso pode ser realizado on-line ou off-line se o download do laboratório tenha sido realizado anteriormente;</p> <p>Compatível com plataforma <i>Google class room</i>;</p> <p>Simulações em HTML5 funcionam em computadores portáteis (iPads e <i>Chromebooks</i>), e navegadores atualizados independente do Sistema Operacional (Windows, Mac ou Linux).</p>	<p>O usuário consegue modificar diversas funções dentro do laboratório, modificações na visualização, nas medições, nos conceitos físicos (velocidade, gravidade, massa e outros) e na realização do movimento.</p> <p>As alterações realizadas pelo usuário, durante as simulações, utilizam controles deslizantes localizados no menu lateral do laboratório, ou por movimentação manual dos skatistas e das pistas.</p> <p>A interface de acesso é auto explicativa e com muita interação com os conceitos de cinemática.</p>
Níveis de aprofundamento	<p>O laboratório possui muitas funcionalidades, possibilitando a análise de diferentes propriedades presentes no estudo de cinemática, tais como:</p> <p>Explicar o conceito de Conservação de Energia Mecânica usando energias cinética, potencial gravitacional e térmica;</p> <p>Descrever como a alteração da massa, fricção ou gravidade afeta a energia do skatista;</p> <p>Prever a posição ou estimar a velocidade a partir da energia em gráficos;</p> <p>Calcular a velocidade ou altura em uma posição a partir de informações fornecidas pelo laboratório;</p> <p>Descrever o que ocorre com a energia no sistema quando a altura de referência muda.</p>	<p>Existem quatro diferentes maneiras de utilizar o laboratório: Introdução, Medições, Gráficos e Parque. Cada uma dessas maneiras possui singularidades que permitem ao usuário explorar diversas funções trabalhando os conceitos de cinemática.</p> <p>Diversos fatores modificam os acontecimentos do laboratório, por exemplo, as mudanças de pista, massa, gravidade e atrito.</p> <p>O laboratório permite que seu usuário tenha contato com situações beirando a realidade de uma pista de skate, com todas características presentes na mesma, isso é parte essencial de tornar o usuário sujeito ativo nas ações educacionais, permitindo-o vivenciar eventos cotidianos.</p> <p>Pode ser utilizado em diversificados níveis de aprendizagem, de maneira mais superficial e introdutória para a ideia de movimento, como mais aprofundada para cálculos.</p>
Índice de contato	<p>Neste experimento o valor de 93,6% foi encontrado para o índice de contato.</p> <p>Para o cálculo foi usada a fórmula 1 apresentada anteriormente com os valores abaixo:</p> <p>Tempo de contato do usuário: 562 segundos,</p> <p>Tempo total: 600 segundos;</p> $IC = \frac{562s}{600s} \times 100 = 93,6\%$	<p>Os valores foram encontrados a partir de simulações realizadas pelos autores no laboratório virtual e, dependendo do usuário, este valor pode sofrer alterações.</p> <p>O usuário é influenciador e controla as ações dentro do laboratório, alterando todos os acontecimentos.</p> <p>O valor alto de índice de contato afirma que este laboratório é uma ferramenta potencializadora para o Ensino de Física.</p>

**Fonte:** autor

As ferramentas são flexíveis em suas operações e podem ser utilizadas em diversos níveis do conhecimento e de diferentes formas, sendo um recurso introdutório ou um objeto presente dentro de avaliação. E torna o usuário altamente influenciador dos acontecimentos dentro da

experimentação, tornando-o um sujeito ativo dentro das ações educativas (Mota, Mesquita & de Farias, 2015).

**Quadro 10 - Análise do Laboratório Movimento de projétil**

Critério	Análise	Observações
Viabilidade Técnica	<p>O acesso pode ser realizado on-line ou off-line se o download do laboratório tenha sido realizado anteriormente;</p> <p>Compatível com plataforma <i>Google Class Room</i>;</p> <p>Simulações em HTML5 funcionam em computadores portáteis (iPads e <i>Chromebooks</i>), e navegadores atualizados independente do Sistema Operacional (Windows, Mac ou Linux).</p>	<p>O usuário tem total controle dos acontecimentos e eventos que ocorrem no laboratório, alterando diversas quantidades físicas, como: posição, distância, ângulo, velocidade e altura.</p> <p>As alterações são realizadas manualmente pelo usuário, alterando a altura do lançador, sua velocidade inicial, qual será sua angulação de disparo entre outras funções.</p> <p>No menu lateral existe a possibilidade de alteração da massa e do diâmetro do projétil, o restante das opções são alterações na visualização.</p>
Níveis de aprofundamento	<p>O laboratório possui muitas funcionalidades, possibilitando a análise de diferentes propriedades presentes no estudo de cinemática, tais como:</p> <p>Determinar como cada parâmetro (altura inicial, ângulo inicial, velocidade inicial, massa, diâmetro e altitude) afeta a trajetória de um objeto, com e sem resistência ao ar;</p> <p>Prever como a variação das condições iniciais afetam o caminho do projétil;</p> <p>Explicar a previsão do projétil, baseadas em suas condições iniciais;</p> <p>Determinar que os movimentos verticais e horizontais de um projétil são independentes;</p> <p>Investigar as variáveis que afetam a força de arraste;</p> <p>Descrever o efeito que a força de arrasto tem na velocidade e aceleração;</p> <p>Discutir o movimento do projétil usando vocabulário comum (como: ângulo de lançamento, velocidade inicial, altura inicial, intervalo, tempo).</p>	<p>Existem quatro diferentes maneiras de utilizar o laboratório: Introdução, Vetores, Arrasto e Laboratório livre. Cada uma dessas maneiras possui singularidades que permitem ao usuário explorar diversas funções trabalhando os conceitos de cinemática.</p> <p>O usuário ao utilizar o laboratório tem contato com situações difíceis de serem trabalhadas em sala de aula sem auxílio de equipamentos tecnológicos, e permite que seu utilizador consiga ver e experimentar vários elementos estudados dentro da cinemática.</p> <p>Seu uso pode ser recomendado para o estudo de vetores, movimento bidimensional e vários outros conteúdos comumente trabalhados na Educação Básica e no Ensino Superior.</p> <p>O laboratório permite que seu usuário tenha contato com situações beirando a realidade de uma pista de skate, com todas características presentes na mesma, isso é parte essencial de tornar o usuário sujeito ativo nas ações educacionais, permitindo-o vivenciar eventos cotidianos.</p> <p>Pode ser utilizado em diversificados níveis de aprendizagem, de maneira mais superficial e introdutória para a ideia de movimento, como mais aprofundada para cálculos.</p>
Índice de contato	<p>Neste experimento o valor de 92% foi encontrado para o índice de contato.</p> <p>Para o cálculo foi usada a fórmula 1 apresentada anteriormente com os valores abaixo:</p> <p>Tempo de contato do usuário: 552 segundos,</p> <p>Tempo total: 600 segundos;</p>	<p>Os valores foram encontrados a partir de simulações realizadas pelos autores no laboratório virtual e, dependendo do usuário, este valor pode sofrer alterações.</p>

	$IC = \frac{552\text{ s}}{600\text{ s}} \times 100 = 92\%$	<p>O usuário é influenciador e controla as ações dentro do laboratório, alterando todos os acontecimentos.</p> <p>O valor alto de índice de contato afirma que este laboratório é uma ferramenta potencializadora para o Ensino de Física.</p>
--	--	--

**Fonte:** autor

Moran (2004) comenta que diversas vezes as tecnologias na Educação acabam se tornando apenas uma demonstração de conteúdo, porém quando analisamos os laboratórios, verifica-se que os mesmos possuem mais de 92% de índice de contato e percebe-se que o usuário pode alterar e controlar o que ocorre nas simulações, permitindo uma exploração livre, sem um conteúdo pré-estabelecido, oferecendo ao aluno uma gama altíssima de situações prováveis e não uma demonstração de conteúdo.

Percebe-se que o usuário pode alterar e controlar o que ocorre na simulação, permitindo uma exploração livre, sem um conteúdo pré-estabelecido, oferecendo ao usuário uma gama altíssima de situações prováveis e não, apenas, uma demonstração de conteúdo. Pode ser utilizado como um recurso, inicialmente, demonstrativo, mas com potencial para construções futuras do conteúdo.

## 6. Utilização da plataforma *PhET* com estudantes

Este capítulo tem como objetivo geral analisar as compreensões de estudantes do primeiro ano do Ensino Médio sobre algumas propriedades do conteúdo de Energia e suas relações, a partir da utilização de laboratórios virtuais de Ensino de Física.

### 6.1 Fundamentação Teórica

Este artigo tem como base teórica a Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud (1990, 1997, 2009). Segundo o autor, operações aritméticas “inversas”, como multiplicação/divisão ou adição/subtração são desenvolvidas em conjunto para que ocorra a efetiva consolidação da aprendizagem. Isto acontece, por exemplo, quando o conceito de multiplicação só é, de fato, construído quando o sujeito é exposto a uma situação de divisão em que o indivíduo consiga completar sem relacionar com a multiplicação.

Gérard Vergnaud realizou seu doutorado sob a orientação de Jean Piaget, o que proporcionou uma forte abordagem construtivista na teoria dos campos conceituais. Essa abordagem incorpora alguns conceitos da epistemologia genética, embora se afaste de certos princípios clássicos de Piaget, como os estágios de desenvolvimento, por exemplo. O pesquisador se dedicou em detalhar e aprofundar seus estudos nas operações aritméticas elementares, porém, posteriormente os princípios teóricos elaborados por ele foram utilizados como base para estudos de outros campos conceituais.

Vergnaud define os campos conceituais como um conjunto de situações e problemas cujo tratamento requer representações, conceitos e procedimentos de tipos diferentes, mas que estejam relacionados. A Teoria dos Campos Conceituais possui um viés construtivista, três ideias são muito importantes: situações, invariantes operatórios e representações. Conforme Vergnaud (1990), a construção de um conceito se dá pela síntese desses três componentes:

- As situações são os componentes de um conceito que determinam o repertório de experiências do sujeito que aprende, constituindo, na verdade, seu histórico de possibilidades de abordagem conceitual.
- Os invariantes operatórios são os diversos significados que o sujeito consegue atribuir ao conceito, sendo uma ideia já desenvolvida anteriormente pela epistemologia genética (PIAGET, 1971, 2003).
- As representações são as formas de uso da linguagem no sentido de expressar o conceito e seus invariantes operatórios pelo sujeito.

A teoria enfatiza a importância dos conceitos e das relações entre eles na formação do conhecimento. Os conceitos são organizados em campos conceituais, que são conjuntos de

conceitos relacionados ligados por relações de inclusão e exclusão. Compreender um conceito implica entender suas relações com outros conceitos dentro de um campo. Essa teoria destaca que os conceitos são ferramentas para interpretar o mundo e que a aprendizagem ocorre por meio da construção desses campos conceituais (Mota & Rezende, 2017).

Ao assumir os invariantes operatórios como forma de atribuição de significados aos conceitos pelo indivíduo epistemológico, desenvolve-se uma classificação que considera a existência de dois tipos de invariantes operatórios: teoremas-em-ação e conceitos-em-ação.

Um conceito-em-ação não é inteiramente um conceito, assim como um teorema-em-ação não é um teorema. No âmbito científico os conceitos e teoremas são explícitos e se pode discutir sua permanência e validade (Parisoto et al, 2013).

Um conceito-em-ação é um conhecimento necessário para resolver um determinado problema. Pode-se identificar informações necessárias para resolver questões presentes em problemas, porém, não permite operar na resolução. Para isso são utilizados os teoremas-em-ação.

Os teoremas-em-ação referem-se a como os teoremas são aplicados em situações práticas. Em outras palavras, é como determinado conhecimento é utilizado em contextos reais. Por exemplo, um arquiteto pode usar o teorema de Pitágoras para calcular as dimensões de uma parede ou de um telhado, mas o uso do teorema na prática pode exigir ajustes para levar em conta outras variáveis, como a inclinação do terreno ou o tipo de material usado.

Já os conceitos-em-ação referem-se à utilização prática de conceitos em contextos reais. Por exemplo, um estudante de Física pode entender o conceito de força gravitacional teoricamente, mas pode ser desafiado a aplicar esse conceito em situações reais, como calcular a força necessária para mover um objeto.

Nesta pesquisa, os invariantes operatórios constituem-se pelas compreensões dos estudantes sobre Energia e suas relações, a partir da utilização de laboratórios virtuais. Neste sentido esta pesquisa, serviu como um parâmetro para a descoberta dos teoremas-em-ação e conceitos-em-ação que os estudantes utilizam para agir na situação proposta.

## **6.2 Materiais e métodos utilizados na abordagem**

Este estudo adotou uma abordagem metodológica qualitativa. Na coleta e análise dos resultados utilizou-se o Método Clínico de Manipulação-Formalização (Delval, 2002), amplamente utilizado em pesquisas sobre aprendizagem e desenvolvimento cognitivo.

Registrou-se os procedimentos dos estudantes de uma turma de 1º ano do Ensino Médio de curso técnico na modalidade Integrado. Os estudantes realizaram atividades com o laboratório virtual Energia na Pista de Skate da plataforma *PhET*<sup>7</sup>. Participaram da pesquisa um total de 22 estudantes, realizando a prática de forma individual.

A plataforma *PhET* possui laboratórios virtuais de Ciência e Matemática, gratuitas, interativas e baseadas em pesquisa, onde são realizados testes e avaliações em cada simulação destes ambientes para garantir a eficácia educacional.

O laboratório virtual utilizado nesta pesquisa utiliza a linguagem de marcação HTML5. O acesso pode ser realizado on-line ou off-line se o download do laboratório tiver sido realizado anteriormente. O ambiente possui muitas funcionalidades, o que possibilita a análise de diferentes propriedades presentes no estudo de Energia e suas relações, tais como:

- Explicar o conceito de Conservação de Energia Mecânica, usando energias cinética, potencial gravitacional e térmica;
- Descrever como a alteração da massa, fricção ou gravidade afeta a Energia;
- Prever a posição ou estimar a velocidade a partir da energia em gráficos;
- Calcular a velocidade ou altura em uma posição a partir de informações fornecidas pelo laboratório;
- Descrever o que ocorre com a energia no sistema quando a altura de referência muda.

O laboratório permite que seu usuário tenha contato com situações vivenciadas na realidade de uma pista de skate, com todas características presentes na mesma, isso é parte essencial de tornar o usuário sujeito ativo nas ações educacionais, permitindo-o vivenciar eventos cotidianos.

Será utilizado o Método Clínico de Piaget, procedimento este que passou por modificações, por isso ressaltamos que o método empregado nesta pesquisa está ligado com os estudos piagetianos em que a análise era realizada a partir das explicações que os participantes faziam sobre as atividades, a partir de materiais propostos pelos pesquisadores. A coleta de dados, nesse caso, acontece por meio de entrevista clínica, conforme a caracterização apresentada por Delval (2002, p. 70):

“Entrevista-se o sujeito sobre transformações que se produzem nos objetos que tem diante de si. As ações que o sujeito realiza e suas explicações nos informam sobre suas ideias. A conversa com o sujeito serve para dar-lhe instruções e nos ajuda a interpretar o sentido que ele faz.”

---

<sup>7</sup> [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/energy-skate-park](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/energy-skate-park)

O laboratório virtual foi apresentado aos estudantes (durante um encontro presencial no laboratório de Informática da escola). Eles puderam operar livremente os componentes do laboratório e utilizar todos os recursos disponíveis na simulação.

Depois de utilizar o laboratório por cerca de 15 minutos, de forma livre, os alunos receberam um roteiro com instruções sobre a medição dos dados fornecidos pela atividade desenvolvida no laboratório. Posterior a isto todos os estudantes acessaram um *forms Google*<sup>8</sup> para responder os seguintes questionamentos:

1. Que relação o estudo sobre Energia tem com seu cotidiano? Explique sua resposta.
2. Realizando a medição em qualquer ponto da rampa os valores encontrados para a Energia total são iguais. Por que isto acontece?

### 6.3 Resultados da abordagem

Para a análise dos dados foram seguidos os seguintes passos:

- 1) Descrição, análise e categorização dos procedimentos;
- 2) Discussão dos procedimentos à luz de estratégias mobilizadas pelos participantes;
- 3) Definição dos níveis de respostas e invariantes operatórios.

Cabe ressaltar que todos os estudantes realizaram as medições propostas na atividade laboratorial com os equipamentos corretos e identificando as unidades de medida de forma adequada, tendo em vista a padronização das unidades no laboratório virtual e a facilidade para visualizar estes dados.

Para cada questionamento realizado identificamos três categorias, conforme os quadros 11 e 12.

**Quadro 11** - Categorias da questão 1.

Q1: Que relação o estudo sobre Energia tem com seu cotidiano? Explique sua resposta.	
Categoria	Sigla
Não se relaciona.	C1Q1
Boa descrição de Energia e suas relações referentes ao laboratório virtual.	C2Q1
Boa descrição de Energia e suas relações alusivas a situações externas ao laboratório virtual.	C3Q1

**Fonte:** autor.

<sup>8</sup> Google Forms é um aplicativo de gerenciamento de pesquisas da empresa Google.

O quadro abaixo destaca as categorias da questão 2, onde o intuito é compreender o conhecimento dos estudantes sobre sistemas conservativos.

**Quadro 12:** Categorias da questão 2

Q2: Ao realizar a medição em qualquer local da rampa, os valores obtidos para a Energia total são idênticos. Por que isto acontece?	
Categoria	Sigla
Não há explicação sobre sistemas conservativos	C1Q2
Há descrição de sistemas conservativos.	C2Q2
Boa descrição de sistemas conservativos e associação com força de atrito.	C3Q2
Fala somente das forças de atrito.	C4Q2

**Fonte:** autor.

Os sujeitos da pesquisa são 22 estudantes que foram enumerados até o número 22, ficando E1, E2, E3... até E22.

O quadro 13 apresenta as respostas dos estudantes para o questionamento 1, sua respectiva categoria, e uma observação explicando por que o estudante foi considerado participante de sua categoria.

**Quadro 13:** respostas dos estudantes para a questão 1

Estudante	Resposta	Categoria	Observação
E1	Usamos algum tipo de energia a maior parte do tempo e nem nos damos conta, então é bom aprendermos e saber para que serve.	C3Q1	O estudante apresentou informações relacionando as relações que envolvem Energia, mas não refere o laboratório.
E2	Com as coisas que eu faço no dia a dia, como andar de skate e patins.	C2Q1	O estudante relacionou o andar de skate do laboratório com a Energia que ele utiliza ao andar de skate no seu cotidiano.
E3	Minha vinda de ônibus para a escola.	C3Q1	Apresentou de forma sucinta um exemplo de gasto de energia, porém, sem relações com o laboratório.

E4	Sim, pois tudo que é necessário força e velocidade é energia.	C1Q1	Não apresentou relações coerentes com o conceito de Energia.
E5	A forma como as coisas funcionam pode ser uma opção.	C1Q1	“Coisas” tem um sentido muito amplo e sem relação com o laboratório.
E6	Energia é uma grandeza física que é obtida quando realizamos trabalho, ou seja, quando fazemos algo.	C2Q1	Explicou o conceito de Energia e relacionou o gasto energético necessário para fazer algo.
E7	Eu acho que não tem relação com muita coisa, pois nunca parei para usar energia potencial, e cinética.	C1Q1	Não relacionou.
E8	Andar de ônibus, porque tem energia térmica, potencial e cinética.	C2Q1	Fez relações com objetos externos ao laboratório virtual, mas utilizou as Energias estudadas na atividade do laboratório.
E9	Tem relação pois com a energia, obtemos luz, também é fundamental para o desenvolvimento e comodidade.	C3Q1	Fez uso de relações com Energia elétrica.
E10	Quando eu vou de carro até a escola. Ou quando viajo de carro para outra cidade, onde o carro só sobe e desce.	C2Q1	O uso do carro é algo externo ao laboratório, porém, quando o estudante retrata o movimento de subir e descer ele está relacionado com a movimentação do skatista dentro do laboratório virtual.
E11	Para tudo, a gente usa pra estudar, pra se exercitar, etc.	C3Q1	Fez relações envolvendo o gasto de Energia para diferentes situações, porém, não relaciona com a experimentação realizada no laboratório virtual.
E12	Andar de ônibus, porque acumula energia de diversos tipos.	C3Q1	Não explicou os tipos de Energia, o que acaba não trazendo relações diretas com as formas de Energia discutidas no laboratório.
E13	A energia é uma das maiores grandezas físicas e é fundamental para o desenvolvimento e comodidade no mundo em que vivemos. Existem	C2Q1	Relacionou Energia com a movimentação dos corpos, característica muito presente no laboratório virtual.

	diversas forças na natureza e muitas formas de energia, mas todas têm relação direta com o movimento.		
E14	Tem relação com o meu deslocamento da minha casa até a escola e quando faço corrida.	C3Q1	Trouxe exemplos de situações que envolvem gasto energético, porém, não faz relações com o experimento realizado no laboratório virtual.
E15	Acredito que nenhuma relação.	C1Q1	Não relacionou.
E16	A energia, uma das maiores grandezas físicas, é fundamental para o desenvolvimento e comodidade do homem no mundo moderno em que vivemos. Elementos como o Sol, a água e o petróleo fazem parte do nosso cotidiano e são fontes de energia, cujas utilizações são importantes para nossas vidas.	C3Q1	Trouxe o conceito de Energia e fez relações com diversos meios energéticos, porém, não relacionou com o laboratório virtual.
E17	Nós usamos energia para tudo, para se exercitar, estudar, arrumar a casa e etc.	C3Q1	Trouxe relações envolvendo o gasto de Energia para diferentes situações, porém, não relaciona com a experimentação realizada no laboratório virtual.
E18	A energia e seus tipos de energia estão em tudo. Como por exemplo, a energia térmica que ocorre quando aquecemos a panela de pipoca no fogão e utilizamos a energia térmica que esquentar a panela e transfere o calor para o milho e transforma em pipoca.	C3Q1	Abordou um exemplo sobre transformação energética, porém, não trouxe relações com o laboratório virtual.
E19	Têm relação no modo de como vivemos e como nos movemos, pois quando nos deslocamos estamos produzindo energia.	C3Q1	O termo “produzir” não está correto na resposta do estudante. Ele conseguiu relacionar com situações adversas ao laboratório virtual.
E20	Acho que a maioria das minhas ações podem ter relações. Um exemplo é quando utilizo o ônibus para chegar até a escola, que vai representar uma	C3Q1	Relacionou com o gasto energético envolvendo o funcionamento de um ônibus, porém, não trouxe considerações envolvendo o uso do

	energia cinética.		laboratório virtual.
E21	Qualidade que sempre é conservada, ou seja, que nunca muda.	C1Q1	Explicou o conceito de Energia não ser criada, apenas transformada, porém, não relacionou com nenhuma situação.
E22	Um exemplo é o andar de bicicleta, que transforma a energia química do corpo em energia cinética.	C3Q1	Trouxe um exemplo de transformação energética, porém, não se relaciona com o laboratório.

**Fonte:** autor.

O quadro 13 apresenta as respostas dos estudantes de acordo com sua respectiva categoria, onde 12 respostas correspondem a categoria 3, cinco na categoria 2 e cinco na categoria 1.

O quadro 14 visa apresentar as respostas dos estudantes para o questionamento 2, apresentando também sua categoria e uma observação para indicar por que ocorreu sua inclusão nesta categoria.

**Quadro 14:** respostas dos estudantes para a questão 2

Estudante	Resposta	Categoria	Observação
E1	Porque não tem nenhum tipo de atrito.	C4Q2	Explicou o motivo do módulo da energia ser sempre o mesmo, porém, não menciona os sistemas conservativos.
E2	Por que não tem atrito. No momento que é colocado o atrito o total muda.	C4Q2	Falou do atrito, porém, não menciona o sistema conservativo.
E3	É a soma da energia cinética com as energias potenciais de qualquer sistema físico. Nos sistemas físicos conservativos nos quais não há atrito, a energia mecânica é conservada.	C3Q2	Explicou o que é um sistema conservativo e por que se mantém conservado.
E4	Porque não tem Atrito, a Energia mecânica é conservada.	C3Q2	Falou da característica de um sistema conservativo e associa com força de atrito.
E5	Nos sistemas físicos conservativos nos quais não há atrito, a energia mecânica é conservada.	C3Q2	Associou o conceito de sistemas conservativos com força de atrito

E6	Não sei.	C1Q2	Não soube.
E7	Não, pois a energia está se transformando e mudando a todo momento.	C1Q2	A energia sempre se transforma, mas quando não há forças dissipativas, o módulo permanece constante.
E8	É um sistema físico conservativo então não há atrito, a energia mecânica é conservada.  $E_m = E_{el} + E_c + E_{pg}$	C3Q2	Explicou os conceitos de um sistema conservativo e relacionou com a força de atrito.
E9	Por que não tem atrito, se tivesse atrito seria diferente.	C4Q2	Falou somente da força de atrito.
E10	É a soma da energia cinética com as energias potenciais de qualquer sistema físico. Nos sistemas físicos conservativos nos quais não há atrito, a energia mecânica é conservada.	C3Q2	Explicou os conceitos de um sistema conservativo e relacionou com a força de atrito.
E11	Nos sistemas físicos conservativos nos quais não há atrito, a energia mecânica é conservada.  $E_m = E_{el} + E_c + E_{pg}$	C3Q2	Explicou os conceitos de um sistema conservativo e relacionou com a força de atrito
E12	É a soma da energia cinética com as energias potenciais de qualquer sistema físico. Nos sistemas físicos conservativos nos quais não há atrito, a energia mecânica é conservada.	C3Q2	Explicou os conceitos de um sistema conservativo e relacionou com a força de atrito.
E13	Pois a altura e a gravidade são as mesmas e não contém atrito.	C4Q2	Falou sobre a força de atrito.
E14	Porque a energia sempre vai estar mudando.	C1Q2	O tipo de energia sempre se altera, porém, o módulo sempre permanece o mesmo.
E15	É a soma da energia cinética com as energias potenciais de qualquer sistema físico. Nos sistemas físicos conservativos nos quais não há atrito, a energia mecânica é conservada.	C3Q2	Explicou os conceitos de um sistema conservativo e relacionou com a força de atrito.

E16	A energia mecânica é o resultado da soma da energia cinética com a energia potencial de um sistema, ou seja, o valor total é a soma das duas, como não existe uma força dissipativa (atrito) as energias se mantêm sempre iguais, assim como a energia total do sistema.	C3Q2	Explicou os conceitos de um sistema conservativo e relacionou com a falta de forças dissipativas.
E17	Porque não houve atrito, logo, a energia mecânica é conservada.	C4Q2	Explicou o motivo da Energia mecânica ser conservada pela falta de atrito.
E18	É a ação simples de agirmos contra a gravidade.	C1Q2	Não trabalhou os conceitos de sistemas conservativos e nem de atrito.
E19	Pois o total depende da cinética e da potencial. Como elas só vão mudando os valores numa pista regular, à medida que um aumenta, o outro diminui, e vice versa, sempre atingindo o mesmo valor final.	C2Q2	Explicou o fato de alteração no tipo de Energia e que a total sempre se mantêm constante.
E20	Porque não tem atrito, pois se tivesse atrito seria diferente.	C4Q2	Falou somente da força de atrito.
E21	Pois quando não há atrito, a energia mecânica é conservada.	C4Q2	Explicou o motivo da Energia mecânica ser conservada pela falta de atrito.
E22	Os valores são iguais, pois não houve atrito logo a energia mecânica é conservada.	C4Q2	Explicou o motivo da Energia mecânica ser conservada pela falta de atrito.

**Fonte:** autor.

Considerando os estudos de Beraldo, Oliveira e Stringhini (2020), que ressaltam a ênfase na motivação das pesquisas sobre simulações no ensino, entende-se que, ao constatar que existem níveis progressivos de descrição sobre Energia e suas relações, e quando apresenta-se uma caracterização desses níveis nos Quadro 13 e 14, ocorre uma exploração em um campo mais voltado para análises cognitivas, se distanciando das análises sobre a motivação para aprender com o uso de simuladores, já estabelecida e consolidada na literatura. Nesse sentido, observa-se o potencial de avaliação qualitativa da aprendizagem, ou, o quanto se pode aprofundar na explicação do fenômeno, através do uso de laboratórios virtuais.

A situação apresentada aos estudantes no questionamento 2, gerou quatro categorias diferentes dos procedimentos realizados, as quais foram agrupadas em três níveis de invariantes

operatórios. A partir desses níveis, podemos ensaiar alguns conceitos-em-ação e teoremas-em-ação possíveis demonstrados no quadro 15.

**Quadro 15:** Conceito-em-Ação e Teorema-em-Ação para a questão 2

Categoria	Conceito-em-Ação e Teorema-em-Ação
C2Q2	Conceito-em-Ação: Em sistemas conservativos o módulo da Energia é constante. Teorema-em-Ação: A energia vai alterar seu tipo, porém, a total sempre permanece constante.
C3Q2	Conceito-em-Ação: Sistemas conservativos não possuem forças dissipativas. Teorema-em-Ação: A energia vai alterar seu tipo, porém, a total sempre permanece constante, devido à falta de forças dissipativas.
C4Q2	Conceito-em-Ação: Forças dissipativas alteram o módulo da Energia. Teorema-em-Ação: O movimento no laboratório nunca cessa, pois, a Energia não é dissipada.

Fonte: autor

A partir dos níveis apresentados no Quadro 15 é interessante notar que todos os estudantes apresentam dependência do caso concreto realizado no laboratório virtual, para isso utilizam os valores encontrados na simulação para responder o questionamento.

Para a C1Q2 não houve nenhum conceito ou teorema trabalhado pelos estudantes, pois, os participantes não conseguiram relacionar os conceitos de Energia com as experimentações realizadas no laboratório virtual.

## 7. DISCUSSÕES

Estudar e compreender as relações existentes entre as numerosas variáveis relacionadas ao Ensino da Física, tais como Movimento, Atrito, Força, Tempo, Distância, Energia e outras, tende a se tornar potencialmente favorável quando os laboratórios virtuais são utilizados para auxiliar na construção do conhecimento.

A prática sendo realizada com o auxílio da teoria acaba criando o chamado significado, que permite ao estudante compreender melhor o mecanismo com o qual o fenômeno ocorre. Certamente, o significado promove um aprendizado mais sustentável, gerando novos conhecimentos e melhores alunos. Como resultado, tendemos a ter professores mais autoconfiantes e mais realizados em sua profissão, e que buscam complementar sua profissão.

Espera-se que este trabalho possa contribuir para a criação de políticas públicas escolares que permitam a melhoria do ambiente escolar. Seria também de grande importância que os professores pudessem participar de cursos de treinamento contínuo como forma de reciclar seus conhecimentos teóricos e práticos, possibilitando-lhes conduzir aulas mais elaboradas e produtivas.

Para estudar a utilização de tecnologias empregadas na Educação, foi realizada esta coleta de dados, com foco na execução de tarefas, disponibilizadas dentro do ambiente, esta busca teve como objetivo determinar quais as características presentes no laboratório que possam ser utilizadas em ambientes reais de Ensino, de forma a auxiliar alunos e professores na construção de conceitos.

O processo interativo que fundamenta a utilização de um laboratório virtual, permite que este recurso possa ter um alto nível de índice de contato, corroborando com (Peres et al. 2020; Ortiz et al. 2020; Nurmi & Veermans 2010; Pinheiro, 2020) e possibilita alfabetizar os cidadãos na Ciência e formar pessoas capacitadas para as necessidades atuais da sociedade como Santos & Schnetzler (1997) trazem como necessidade para a vida contemporânea.

Muitos pesquisadores se utilizam de avaliações por meio de inspeção para prever as consequências de utilizar recursos tecnológicos em ambientes educacionais (Ribeiro & Silva, 2020; Valentim et al. 2013; Santos & Silva, 2019) e consideram este recurso fundamental para melhorar os mecanismos de interação tecnológica.

Fica evidente que os laboratórios virtuais permitem aos seus usuários a manipulação de ambientes e processos distintos de forma eficiente e com baixo custo, também auxilia os usuários

em associações da teoria com a prática. Este processo é possível graças ao planejamento e construção deste recurso que é pensado diretamente na utilização por parte do usuário, visando sua interação, seu aporte teórico e seu dinamismo (Tatli & Ayas, 2013).

Embora a tecnologia tenha muitos benefícios na Educação, há também vários desafios e dificuldades que vêm com o uso de recursos tecnológicos em ambientes educacionais, tais como: Infraestrutura, problemas técnicos, curva de aprendizado, distrações, equidade e segurança. Aprender a utilizar novas tecnologias pode ser demorado, alguns estudantes e professores podem achar desafiador adaptar-se a novas ferramentas e softwares (Pereira, Cardoso & Reis, 2018).

A infraestrutura das escolas públicas, diversas vezes, não suporta o uso contínuo de laboratórios de informática por todos os estudantes matriculados, o que acarreta em uma falta de equidade entre os estudantes. Junto com a falta de estrutura se apresentam também os problemas técnicos enfrentados em ambientes educacionais, como: falhas em softwares, problemas de conexão ou hardwares com defeito.

A combinação de visualização dinâmica de fenômenos físicos com a orientação do professor pode ser benéfica ao permitir que os estudantes expressem seus conhecimentos de forma mais efetiva. E é justamente a partir dessas novas formas de expressão que se pode avaliar como evoluem conceitos-em-ação e teoremas-em-ação.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É preciso fazer com que os conteúdos de Física possibilitem a criação de competências nos estudantes, o que torna necessário a busca por novas alternativas didáticas capazes de provocar mudanças conceituais no Ensino de Física, bem como desenvolver um conjunto de estratégias. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi analisar as potencialidades pedagógicas de laboratórios virtuais para o Ensino de Cinemática.

Quando se pensa em aulas com o aporte de tecnologias digitais, entender o ambiente de utilização é uma questão chave. Tendo isso em vista, a Trianálise do Potencial Pedagógico possibilita: um entendimento pleno das necessidades para sua utilização, o aprofundamento possível e a interação com os conceitos abordados na ferramenta.

O ambiente de Ensino e o docente possuem espaço para se aproximarem dos estudantes da geração atual, que estão cada vez mais inseridos no mundo das tecnologias virtuais. O professor, como ser participante da sociedade e dos acontecimentos atuais, precisa estar ciente dos acontecimentos e das discussões presentes no mundo virtual, mas carregar consigo um aporte: teórico, metodológico e pedagógico adequado; para viabilizar a construção do conhecimento junto aos alunos.

É notório que as tecnologias possuem um impacto significativo na Educação na sociedade atual, pois, transforma o modo como se aprende, ensina e interage com a informação. Embora existam desafios para integrar tecnologia à Educação, tais como: a necessidade de treinamento e recursos; os benefícios são numerosos auxiliando na melhora da qualidade e acessibilidade da Educação para todos os estudantes.

Em geral, os laboratórios virtuais podem melhorar a experiência de Ensino ao proporcionar um ambiente seguro, acessível e flexível; para que os alunos aprendam e pratiquem suas habilidades laboratoriais.

Um laboratório virtual é uma ferramenta potencializadora nos processos de Ensino, porém, não é possível dizer se ele é potencializador quando se trata da aprendizagem dos estudantes, principalmente, quando analisamos as respostas dos estudantes para a questão 1, onde apenas 22,72% relacionam os conceitos de Energia com situações que envolvem o uso do laboratório virtual. Como esta pesquisa possui um caráter qualitativo os valores apresentados podem variar.

Por fim, ressalta-se que a utilização desses ambientes contribui no estudo de fenômenos físicos e desenvolvem no usuário uma mudança conceitual dos temas estudados, alicerçada na utilização, exploração e interação dos recursos disponibilizados em um laboratório virtual.

## 9. TRABALHOS FUTUROS

Para realmente entender como laboratórios virtuais de Física influenciam nos processos de aprendizagem, seriam necessários mais estudos envolvendo este recurso e buscar entender como diferentes grupos o utilizam.

Este estudo apresentou os laboratórios utilizados, os procedimentos empregados para a análise da satisfação/entendimento dos alunos com o uso de laboratórios virtuais e como diagnosticar estas percepções.

A partir das evidências encontradas no presente trabalho surgem novos caminhos para pesquisas posteriores a serem realizadas, tais como: quais as formas de práticas avaliativas recomendadas para diagnosticar o aprendizado; o questionário apesar de ser o mais utilizado é o melhor método de diagnóstico; a plataforma *PhET* oferece os melhores recursos para o uso de laboratórios virtuais no Ensino da Física.

## 10.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bastos, A. Tecnologias digitais: uso do Physics Education Technology Project (PhET) no ensino de eletrodinâmica. **Research Society and Development**. 9. 1-13. 10.33448/rsd-v9i9.6846, 2020.
- Beraldo, A. L. S.; Oliveira, T.; Stringhini, D. Laboratórios remotos de FPGA com foco no ensino: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, UFRGS, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 1-11, 2020.
- Borges, A. P; Peres-Lisboa, M.O. and Alexandre S.E. Virtual Laboratory Associated to Intelligent Instrumentation. in **IES 2000 Internet Education Science**, Ucrânia.
- Caramello, G. W., Strieder, R. B., Watanabe, G., & Munhoz, M. G. Articulação Centro de Pesquisa: Escola Básica: contribuições para a alfabetização científica e tecnológica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 32, 2010.
- Criollo-C, O. S. Moscoso-Zea, A. Guerrero-Arias, Á. Jaramillo-Alcazar, S. Luján-Mora. Mobile Learning as the Key to Higher Education Innovation: A Systematic Mapping. in **IEEE Access**, vol. 9, pp. 66462-66476, 2021.
- Cruz, F. A. O. Porto, C. M.; Laudares, F. A. L. Fazendo onda: construindo conceitos via APPLETS. Rio de Janeiro – RJ. Anais **II Encontro Nacional de Educação**, 2015.
- Delamuta, B. H., Neto, J. C., Junior, S. L. S., Assai, N. D. de S. O uso de aplicativos para o ensino de Química: uma revisão sistemática de literatura. Educitec - **Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, Manaus, Brasil, v. 7, p. e145621, 2021.
- Delval, J. Introdução à Prática do Método Clínico: descobrindo o pensamento das crianças. Tradução de Fátima Murad. Porto Alegre: **Artmed**, 2002.
- Dos Santos, C.; Freitas S. P.; Lopes, M. M. Ensino remoto e a utilização de laboratórios virtuais na área de ciências naturais. Anais do **Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 12, n. 1, 2020.
- Dos Santos, M. E. K.; Amaral, L. H. Avaliação de Objetos Virtuais de Aprendizagem no Ensino de Matemática. **Revista RENCiMa**, v. 3, n. 2, p. 83-93, jul/dez 2012.
- Evald, T. C. **Experimentação em circuitos elétricos como uma prática metodológica de Ensino** - 147f.: il. Dissertação (Mestrado Profissional) - Instituto Federal Sul-rio-grandense, Câmpus Pelotas Visconde da Graça, programa de Pós-graduação em Ciências e tecnologias na Educação, Pelotas - RS, 2021.
- Fay, Paul J. The History of Chemistry Teaching in American High Schools. **Journal of Chemical Education**. v.8, n. 8, p. 1533-1562, August 1931.
- Fourez, G. A construção das Ciências: introdução à filosofia e à ética das ciências. **São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista**, 1995.
- German, N.; Niño, R.; Li, F.; Serquén, O. A Didactic model for virtual education leading to the development of competences in higher education at universities. in **IEEE 1st International Conference on Advanced Learning Technologies on Education & Research (ICALTER)**, 2021.
- Gadotti, M. Educação popular, educação social, educação comunitária. In: **Congresso Internacional de Pedagogia Social**. 2012.
- Herpich, F. **Recursos educacionais em realidade aumentada para o desenvolvimento da habilidade de visualização espacial em física** - 207f.: il. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Centro de estudos interdisciplinares em Novas Tecnologias na Educação, Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Porto Alegre - RS, 2019.
- Jakkola, T.; Nurmi, S.; Veermans, K. A comparison of students' conceptual understanding of electric circuits in simulation only and simulation-laboratory contexts. **Journal of research in science teaching**, v. 48, n. 1, p. 71-93, 2011.
- Kesnki, V. M. Aprendizagem mediada pela tecnologia. **Revista diálogo educacional**, v. 4, n. 10, p. 1-10, 2003.
- Kitchenham, B.; Charters, S. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering version 2.3. **Software Engineering Group**, v. 45, n. 4, p. 1051, 2007.

- Lima, M. de F. W. do P., Hecher, D., & Boff, E. Um Objeto de Aprendizagem para apoio a Aprendizagem de Física. **RENOTE**, 8(3). <https://doi.org/10.22456/1679-1916.18079>, 2010.
- Luketic, C. D., & Dolan, E. L. Factors influencing student perceptions of high-school science laboratory environments. **Learning environments research**, 16(1), 37-47, 2013.
- Malheiros, B. T. Didática Geral. **LTC**. Rio de Janeiro – RJ. 2012.
- Maulidah, S. S.; Prima, E. C. Using Physics Education Technology as Virtual Laboratory in Learning Waves and Sounds. **Journal of Science Learning**, v. 1, n. 3, p. 116-121, 2018.
- Moran, J. M. Os novos espaços de atuação do Professor com as Tecnologias. **Revista Diálogo Educacional**, [S.l.], v. 4, n. 12, p. 13-21, jul. 2004.
- Moreira, M. A. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos avançados**, v. 32, n. 94, p. 73-80, 2018.
- \_\_\_\_\_. M. A. Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. **Revista do Professor de Física**, v. 1, n. 1, p. 1-13, 2017.
- Mota, F. A. C.; Mesquita, D. W. O.; Farias, S. A. Uso de materiais alternativos no Ensino de Química: o aluno como sujeito ativo no processo de ensino e aprendizagem. in **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências–X ENPEC**, p. 1-8, 2015.
- Mota, A.T.; Rezende, M. K. As contribuições das tecnologias da informação e comunicação em um curso de Astronomia a distância: uma análise à luz da Teoria dos Campos Conceituais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, SC, Brasil, 2017.
- Nicolete, P. C.; Herrmann, R. F. D.; Herpich, F.; de Oliveira E. T.; Tarouco, L. M. R. A motivação de estudantes ao utilizar laboratórios online para aprendizagem experiencial de circuitos elétricos durante a pandemia do Covid-19. **RENOTE**, Porto Alegre, v. 19, n. 2, p. 152–162, 2021.
- Oliveira, K. K. de S., Fiovaranti, M. L., Barbosa, E. F., Souza, R. A. C. Avaliação dos Habilitadores da Educação 4.0: Transformação Digital da Educação Multidisciplinar em Mudanças Climáticas. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO**, 32. 2021.
- Ortiz, J. O. de S., Kwecko, V., Tolêdo, F., Devincenzi, S., Botelho, S. S. da C. Recursos Educacionais Abertos: Uma Análise dos Objetivos de Aprendizagem Referenciados pela Taxonomia Digital de Bloom. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO**, 31. 2020.
- Pagel, C. H. Candia, D. G. M. de. Beck, V. C. Trianálise do potencial pedagógico do OVA gravidades e órbitas no ambiente virtual PhET. In: **SEMANA INTEGRADA DE INOVAÇÃO, ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO**, 6, Pelotas – RS. **Anais do XXIX Congresso de iniciação científica**, 2020.
- Parisoto, M. F., Moreira, M. A., & Moro, J. T. Teoremas-em-ação e conceitos-em-ação na Física aplicada à Medicina. **Ensino, Saude E Ambiente**, 2013.
- Pereira, M.; Cardoso, P. F.; Reis, M. V. S. Uso de Tecnologias Educacionais por Professores do Ensino Médio: Um Estudo de Caso. **Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação**, [S.l.], p. 105, out. 2018.
- Peres, F., Morais, D., Queiroz, S., Santana, B. Desenvolvimento de Artefatos Digitais por Estudantes na Educação do Campo: Uma Pesquisa-Ação em Comunidades de Prática. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO**, 31. 2020.
- Piaget, J. Biologia e Conhecimento. Petrópolis: **Editora Vozes**, 2003.
- \_\_\_\_\_. J. A Epistemologia Genética. Petrópolis: **Editora Vozes**, 1971.
- Pinheiro, A. J. M. **Atividade lúdica e hábitos digitais: um estudo com acadêmicos em processo de formação no curso de Pedagogia EaD**. 97 f.: il. Dissertação (Mestrado) Metodologias para o Ensino de Linguagem e suas Tecnologias – Universidade Pitágoras Unopar, Londrina - PR, 2020.

Porto, L. E. S. **O uso do Graxaim/LVT nos estudos de recuperação paralela no ensino de física para o ensino médio** - 86f.: il. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da vida e saúde, Santa Maria - RS, 2018.

Presnky, M. Aprendizagem baseada em jogos digitais. **Editora Senac**, São Paulo, 2012.

Pyatt, K.; Sims, R. Virtual and physical experimentation in inquiry-based science labs: Attitudes, performance, and access. **Journal of Science Education and Technology**, 21(1), 133-147, 2020.

Ribeiro, J. F.; Silva, B. S. da. Avaliação automática de acessibilidade do portal da UFRN. **#Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia**, Canoas, v. 9, n. 1, 2020.

Ritta, Â. S.; Piovesan, S. D.; Siedler, M. da S. O uso da realidade virtual para ensino de astronomia: desenvolvimento e aplicação de um software para simulação de planetário. **Educitec - Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, Manaus, Brasil, v. 6, p. e096420, 2020.

Rodriguez-Gil, L.; Zubia, J. G.; Orduña, P.; Lopez-de-Ipina, D. Towards new multiplatform hybrid online laboratory models. **IEEE Transactions on Learning Technologies**, v. 10, n. 3, p. 318-330, 2017.

Sampaio, R.F.; Mancini, M.C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Brazilian Journal of Physical Therapy**. 2007.

Santos, R.D.; Silva, B.S. Comparação de Métodos de Avaliação de IHC sob a Perspectiva do Autor da Interface. In: Anais do **CONGRESSO PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN**, São Paulo: Blucher, 2019.

Santos. W. L. P., Schnetzler, R. P. Educação em química: compromisso com a cidadania. Ijuí: **UNIJUÍ**, 1997.

Silva, I. P. da, & Mercado, L. P. L. Laboratórios de ensino de física mediados por interfaces digitais. **EDUCA - Revista Multidisciplinar Em Educação**, 7(17), 3–22, 2020.

Sousa, F. L. de; Travain, S. A.; Assis, G. T. de. Análise do processo de ensino e aprendizagem de conteúdos de física por meio do uso de simuladores e da argumentação de usuários, **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, 2019.

Tatli, Z.; Ayas, A. Effect of a Virtual Chemistry Laboratory on Students' Achievement. **Journal of Educational Technology & Society**, 16(1),159-170, 2013.

Tuyarot, R. D.; Tesseroli, de C. R. Objetos Educacionais Digitais na EAD e Educação Inclusiva na Área de Física. **RENOTE**, 14(2). <https://doi.org/10.22456/1679-1916.70630>, 2016.

Valentim, N. M.; da Silva, T. S.; Silveira, M. S.; Conte, T. Estudo comparativo entre técnicas de inspeção de usabilidade sobre diagramas de atividades. Anais do **XII Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais**, 2013.

Vergnaud, G. **A criança, a matemática e a realidade**: problemas do ensino da matemática na escola elementar. Tradução de Maria Lucia Faria Moro. 3.ed. Curitiba: Editora da UFPR, 2009.

\_\_\_\_\_. G. La théorie des champs conceptuels. **Recherches em Didactique des Mathématiques**, v. 10, n. 2-3, p. 133-170, 1990.

\_\_\_\_\_. G. The nature of mathematical concepts. In: NUNES, T.; BRYNT, P. (Eds.) **Learning and teaching mathematics, an international perspective**. Hove (East Sussex), 1997.

## 11. APÊNDICES

**Quadro 16** – Cronograma de atividades da pesquisa

Atividades	2021-2	2022-1	2022-2	2023-1
Busca de trabalhos relacionados	X	X		
Construção da revisão sistemática		X		
Escrita do artigo da revisão sistemática		X		
Análise dos laboratórios da plataforma <i>PhET</i>		X	X	
Escrita do artigo sobre os potenciais pedagógicos de laboratórios virtuais			X	
Qualificação			X	
Estágio			X	
Utilização de laboratórios virtuais com estudantes			X	
Análise dos dados dos estudantes			X	
Escrita do artigo sobre utilização e avaliação de laboratórios virtuais			X	X
Escrita final dos resultados e considerações finais				X
Defesa da Dissertação				X