

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA SUSTENTABILIDADE  
*CAMPUS SOROCABA*  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA, QUÍMICA E MATEMÁTICA

JULIANA MENDES NOGUEIRA

**DA INTERNET À SALA DE AULA: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO DE  
LABORATÓRIOS BRASILEIROS DE EXPERIMENTAÇÃO REMOTAMENTE  
CONTROLADOS PARA APRENDIZAGEM DE FÍSICA**

Sorocaba

2023

JULIANA MENDES NOGUEIRA

**DA INTERNET À SALA DE AULA: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO DE  
LABORATÓRIOS BRASILEIROS DE EXPERIMENTAÇÃO REMOTAMENTE  
CONTROLADOS PARA APRENDIZAGEM DE FÍSICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Física, Química e Matemática da Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, como requisito parcial para a obtenção do grau de Licenciada em Física.

Orientação: Prof. Dr. Maria José Fontana Gebara

Sorocaba

2023

Nogueira, Juliana Mendes

Da internet à sala de aula: um estudo exploratório de laboratórios brasileiros de experimentação remotamente controlados para aprendizagem de Física / Juliana Mendes Nogueira -- 2023.  
67f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba  
Orientador (a): Maria José Fontana Gebara  
Banca Examinadora: Johnny Vilcarromero Lopez, Leticia Estevão Moraes  
Bibliografia

1. Experimentação. 2. TIC. 3. Ensino de Física. I. Nogueira, Juliana Mendes. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática  
(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano -  
CRB/8 6979

**JULIANA MENDES NOGUEIRA**

DA INTERNET À SALA DE AULA: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO DE  
LABORATÓRIOS BRASILEIROS DE EXPERIMENTAÇÃO REMOTAMENTE  
CONTROLADOS PARA APRENDIZAGEM DE FÍSICA

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Departamento de Física,  
Química e Matemática da Universidade  
Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba,  
como requisito parcial para a obtenção do  
grau de Licenciada em Física. Sorocaba,  
05 de abril de 2023.

Orientadora

---

Dra. Maria José Fontana Gebara

Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba

Examinador

---

Dr. Johnny Vilcarromero Lopez

Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba

Examinadora

---

Dra. Letícia Estevão Moraes

Dedico este trabalho àqueles que sonham com uma educação de qualidade para todos!

## AGRADECIMENTOS

À minha Mãe que me apoiou e incentivou em todos os momentos de minha vida, principalmente os mais difíceis e, que compreendeu a minha ausência enquanto eu me dedicava ao meu sonho de ser física.

Ao meu amado noivo por dividir a vida comigo.

À minha família porque acreditaram em mim desde o primeiro instante. Sou quem sou porque vocês estiveram e estão sempre ao meu lado. Tenho ainda, um agradecimento muito especial aos meus tios (*in memoriam*) Toninho, Ceres, Albina e Fábio, vocês fazem muita falta.

À querida professora Maria, por ter sido minha orientadora, pelos incontáveis puxões de orelha, risadas e por todo apoio imensurável.

A todos os meus professores da Universidade Federal de São Carlos por todos os ensinamentos que me permitiram chegar até aqui.

Aos meus amigos, que sempre estiveram ao meu lado, pela amizade incondicional. Em especial, meu eterno agradecimento às minhas amigas Camila Deamatis e Mayara Horiy por muitas vezes acreditarem mais em mim do que eu mesma.

A todos meus colegas de curso, especialmente aos meus amigos Bianca, Felipe, Giovana, Gustavo, Lucas e Patrícia, por dividirem comigo essa incrível e enlouquecedora jornada.

E por fim, a todos que participaram, direta ou indiretamente do desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, enriquecendo o meu processo de aprendizado.

O saber que não vem da experiência não é realmente saber.

*VYGOTSKY*

## RESUMO

NOGUEIRA, Juliana Mendes. **Da internet à sala de aula:** um estudo exploratório de laboratórios brasileiros de experimentação remotamente controlados para aprendizagem de Física. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2023.

Observando que muitos educadores têm buscado utilizar metodologias de ensino diversificadas com o intuito de motivar os estudantes nas aulas de Física, torna-se significativo estudar suas potencialidades, bem como explorar possíveis associações de diferentes estratégias, analisando suas complexidades e aplicabilidade como recurso didático. Nesse sentido, esta pesquisa procurou, a partir da análise de laboratórios remotos brasileiros, avaliar os limites e as possibilidades da associação de tecnologias digitais de informação e comunicação e da experimentação. Foram analisados quatro laboratórios brasileiros que se encontram ativos, a partir de seus experimentos; roteiros de suporte aos docentes; recursos tecnológicos utilizados para controle; e disponibilidade de acesso na internet. Devido ao cenário pandêmico de COVID-19, que teve início em 2020 e reabertura de escolas no formato parcial, em 2022 os laboratórios remotos brasileiros tiveram sua disponibilidade afetada negativamente, uma vez que foram contabilizados, inicialmente, vinte e cinco experimentações, contudo apenas treze objetos experimentais estavam disponíveis para a realização das análises propostas. Observou-se que a Astronomia é a área da Física mais contemplada nos laboratórios remotos brasileiros, seguida das áreas de Mecânica e Eletricidade. Durante a pesquisa, percebeu-se a necessidade de capacitar os docentes para que a utilização do aparato experimental possa atingir os objetivos do processo ensino aprendizagem. Mesmo assim, todos os equipamentos analisados apresentaram recursos capazes de auxiliar no processo de ensino aprendizagem dos discentes.

**Palavras-chave:** experimentação, TIC, laboratório remoto, ensino de Física.

## ABSTRACT

Observing that many educators have sought to use diverse teaching methodologies as a motivating tool in Physics classes, it becomes significant to study their potential, as well as to explore possible associations of different strategies, analyzing their complexities and applicability as a didactic resource. In this sense, this research sought, based on the analysis of remote Brazilian laboratories, to evaluate the limits and possibilities of associating digital information and communication technologies and experimentation. Four Brazilian laboratories that are active from their experiments were analyzed; scripts to support teachers; technological resources used for control; and availability of internet access. Due to the pandemic scenario of COVID-19, started in 2020 and reopening of schools in partial format, in 2022, Brazilian remote laboratories had their availability negatively affected, since initially twenty-five experiments were accounted for, however only thirteen experimental objects and nine teaching materials were available. It was observed that Astronomy is the area of Physics most contemplated in Brazilian remote laboratories, followed by the areas of Mechanics and Electricity. During the research, it was noticed the need to prepare the professors so that the use of the experimental apparatus can reach the objectives of a scientific learning with meanings. Nevertheless, all the analyzed equipment presented resources capable of assisting in the students' teaching-learning process

**Keywords:** experimentation, ICT, remote laboratory, Physics teaching.

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>12</b> |
| <b>CAPÍTULO I - EXPERIMENTAÇÃO E TECNOLOGIAS DIGITAIS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA APRENDIZAGEM CIENTÍFICA .....</b>                                     | <b>17</b> |
| 1.1 EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA .....   | 18        |
| 1.2 TECNOLOGIAS DIGITAIS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TDIC) ....   | 20        |
| 1.3 LABORATÓRIOS EDUCACIONAIS DIGITAIS: UMA PROPOSTA DE ASSOCIAÇÃO DAS METODOLOGIAS EXPERIMENTAÇÃO E TECNOLOGIAS DIGITAIS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO..... | 22        |
| <b>CAPÍTULO II - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA.....</b>  | <b>26</b> |
| 2.1 OBJETO DE INVESTIGAÇÃO .....   | 26        |
| a) Investigação dos laboratórios remotos brasileiros .....   | 26        |
| b) Análise dos experimentos remotos .....  | 27        |
| - Material de apoio.....   | 28        |
| - Objeto experimental .....  | 29        |
| <b>CAPÍTULO III – RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>   | <b>33</b> |
| 3.1 MAPEAMENTO E INVENTÁRIO .....  | 33        |
| a) Laboratório de Experimentação Remota – RexLab.....  | 34        |
| b) Laboratório Didático Remoto de Física .....   | 36        |
| c) Telescópios na Escola - TnE .....   | 37        |
| d) RLab.....   | 38        |
| 3.2 – ANÁLISE DOS RESULTADOS.....  | 38        |
| <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>  | <b>48</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>   | <b>50</b> |
| <b>APÊNDICE I – ANÁLISES DOS MATERIAIS DE APOIO .....</b>  | <b>56</b> |
| a) Laboratório de Experimentação Remota – RexLab.....  | 56        |
| b) Laboratório Didático Remoto de Física .....   | 58        |
| c) Telescópios na Escola - TnE.....  | 59        |
| d) RLab .....  | 61        |
| <b>APÊNDICE II - ANÁLISES DOS EXPERIMENTOS.....</b>  | <b>62</b> |
| a) Laboratório de Experimentação Remota – RexLab.....  | 62        |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>b) Laboratório Didático Remoto de Física.....</b> | <b>64</b> |
| <b>c) RLab .....</b>                                 | <b>66</b> |

## INTRODUÇÃO

Inúmeras são as metodologias e estratégias de ensino sugeridas como alternativas para o ensino expositivo, comumente utilizado nas aulas de Física da educação básica no Brasil. Tais estratégias têm o intuito de estimular os discentes no processo de aprendizagem. Dentre elas, podemos citar: o uso da História e da Filosofia da Ciência; a Interdisciplinaridade; a Experimentação; a temática Física Ambiental; as aproximações entre Física e Arte; Física Moderna como elemento motivador; Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA); Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) ou Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC), entre outras.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), “O ensino de Física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores” (BRASIL, 2006, p.22), denotando a importância de propostas de ensino que tragam dinamismo às aulas teóricas. Essa relevância é ratificada na Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2019), a qual indica que a aplicação de metodologias, estratégias didáticos-pedagógicas e recursos tecnológicos proporcionarão apoio no processo de ensinar e aprender.

Dentre as metodologias e estratégias mencionadas, e de acordo com os PCNEM (BRASIL, 2006), a experimentação deve fazer parte de todo processo de aprendizagem, possibilitando a construção de significados importantes para o aluno, tal como a construção do pensamento científico e crítico. Conforme apontado por Moraes (2014), a importância da experimentação como um recurso didático está na motivação dos alunos através da curiosidade proporcionada na atividade.

A abordagem da ciência por meio de experimentos didáticos tem uma grande importância na aprendizagem dos estudantes, pois é, na prática, motivados por sua curiosidade, que os alunos buscam novas descobertas, questionam sobre diversos assuntos [...]. Tendo em vista que nos experimentos os conhecimentos prévios dos alunos, sendo levados em consideração, podem auxiliá-los bastante para a apreensão de novos conhecimentos. (MORAES, 2014, p. 62)

Refletindo sobre a construção do conhecimento científico, Matos e Valadades (2002, p.236) mencionam que “as actividades experimentais de cariz construtivista e

investigativo ajudam os alunos a aprender melhor os conceitos ao facilitarem a actividade de pesquisa sobre várias questões com eles relacionadas”. Borges (2005), por sua vez, destaca que a experimentação auxilia o aluno a compreender, de fato, como as teorias e conhecimentos são construídos.

O estudante precisa desenvolver um entendimento de como os cientistas produzem novas teorias e conhecimentos, precisa também compreender como os dados e evidências que suportam teorias específicas foram gerados, pois não se trata apenas de realizar observações ou fazer medidas, e precisa principalmente, compreender o papel das teorias e da atividade experimental na ciência. (BORGES, 2005, p.71-94)

Para Casteleins (2011), contudo, há um conjunto de itens que devem ser considerados quando a Experimentação for utilizada como recurso didático, tais como: materiais de laboratório; textos complementares para educandos e educadores; e atualização constante por meio de treinamentos por parte do docente. Borges (2002) realça que, para que a utilização de atividades práticas seja efetiva é necessário que sejam cautelosamente planejadas, observando qual o objetivo da atividade e os conhecimentos prévios dos alunos. Tavares (2014), por sua vez, ressalta a importância da atualização dos docentes, tendo em vista os jovens da atualidade.

Os professores devem procurar na medida do possível, atualizarem-se e estarem cientes de que os jovens em sua maioria, estão cada vez mais conectados ao mundo virtual. Ignorar essa realidade, apenas aumentará o abismo didático entre mestre e educando. (TAVARES, 2014, p.4)

Outra estratégia de ensino que vêm ganhando muito apreço entre os educadores está associada ao uso de recursos tecnológicos. Conforme explica a BNCC (BRASIL, 2019, p. 475), recomenda-se que os educadores utilizem de “diversas ferramentas de software e aplicativos para compreender e produzir conteúdos em diversas mídias, simular fenômenos e processos das diferentes áreas do conhecimento”. Costa (1995), por sua vez, destaca a importância que os recursos computacionais desempenham quando utilizados no ensino de Física, defendendo que “quando empregado criteriosamente, se transforma numa ferramenta auxiliar de valor inestimável para o aprendizado e numa fonte de estímulo à criatividade inesgotável” (p.232).

Stuart (2017, p.5-8) menciona que as Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) não foram desenvolvidas, inicialmente, para serem utilizadas em sala de aula, mas sim no para auxiliar a sociedade na década de 90 durante a Terceira Revolução Industrial. Contudo, devido suas potencialidades, é notável que os professores as

utilizem no ambiente escolar, “[...] pois cada vez mais crianças e jovens as utilizam em seu dia a dia motivados por interesses diversos [...]”. Além disso, Costa (2012) afirma que não se trata de suprimir o método tradicionalista de ensino, mas sim utilizar-se das TIC para exibir o “que não poderia ser feito antes delas existirem”. Ainda segundo os autores Arantes, Miranda e Studart (2010), é possível vislumbrar os êxitos na utilização desses recursos tecnológicos, também chamados de objetos virtuais de aprendizagem.

Os objetos virtuais de aprendizagem, como as simulações interativas aqui discutidas, usados como recurso pedagógico prometem crescer rapidamente com o passar do tempo. A presente geração de alunos já está sendo formada em um ambiente totalmente permeado pela informática, de modo que essa tecnologia educacional tende a ser bem recebida. (ARANTES, MIRANDA, STUDART, 2010, p.30)

Taha *et al.* (2016) expõem que, para ensinar Ciências, de fato, não há uma metodologia de ensino efetivamente eficaz, porém uma associação de várias estratégias de ensino pode ser uma alternativa muito vantajosa. Pensando nisso, além dos métodos clássicos da aplicação de recursos experimentais em sala de aula, estes poderão ser realizados de forma informatizada, permitindo ao docente propor aos alunos a manipulação de experimentos com auxílio de um computador. Então, pode-se perceber que associar a Experimentação e as TIC apresentam um relevante potencial de contribuição para o processo de ensino de Física.

Nessa perspectiva, laboratórios para ensino de Ciências remotamente controlados podem ser utilizados não somente para aulas de Ciências e para informatização dos alunos, mas, também, como recurso complementar para todas as disciplinas regulares. Nogueira *et al.* (2000, p. 517-522), com relação à utilização de computadores no ensino de Física sugerem, ao analisarem os softwares educacionais disponíveis, que “Nada melhor, por exemplo, que estudar no computador, passo a passo, a trajetória de uma bola no caso do lançamento oblíquo (lançamento de projéteis), o que o experimento convencional em laboratório não permite”, desde que esta seja a interface e o método mais eficaz para o público que irá utilizá-lo.

Simão *et al.* (2013, p. 2), ao analisar novas práticas de ensino, menciona que “a tecnologia exerce [...] função primordial de mediar e facilitar a aproximação do aluno com as disciplinas”. Ou seja, as tecnologias digitais de informação e comunicação associada a experimentos possuem pontos positivos quando utilizadas como recurso

didático. Diante deste cenário, concordamos com os autores Simão *et al.* e Nunes ao defenderem que a inserção de experimentos didáticos associados com o uso de tecnologias pode fornecer subsídios para a elaboração de propostas pedagógicas.

Dessa forma, surgiu o interesse em investigar os recursos tecnológicos existentes que possibilitam a inserção da experimentação no ensino de Física na educação básica brasileira, pois, além de possibilitarem a instrumentalização, contribuem para a difusão dos métodos científicos na educação (uma das diretrizes do Programa “Educação para todos” da UNESCO<sup>1</sup>). A compreensão do papel de tais recursos, que ganharam importância no ensino remoto durante a pandemia do coronavírus (COVID 19), foi sintetizada na seguinte questão: Quais são os limites e as possibilidades da utilização de laboratórios remotamente controlados brasileiros nas aulas de Física da educação básica?

Portanto, esta pesquisa tem como objetivo geral analisar as potencialidades dos laboratórios brasileiros remotamente controlados que possam ser utilizados nas aulas de Física da educação básica. Para isso, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Estabelecer critérios de análise que possam ser aplicados aos laboratórios remotamente controlados;
- Realizar um levantamento sobre os laboratórios brasileiros de Física remotamente controlados;
- Analisar segundo os critérios previamente estabelecidos os laboratórios brasileiros de Física remotamente controlados.

É importante ressaltar que essa investigação tem suas origens em um projeto de iniciação científica conduzido a partir do edital 001/2020 da Pró-reitoria de Pesquisa (ProPq) da Universidade Federal de São Carlos (ID Projeto: 7882), cujos resultados parciais foram apresentados no Simpósio Estadual em Tecnologias Aplicadas às Ciências – SETEAC; XXVIII Congresso de Iniciação Científica; e no XIII Congresso de Iniciação em Tecnológico e Inovação e I Congresso de Iniciação Científica do Ensino Médio.

---

1 UNESCO. Ensino de Ciências: o futuro em risco. Série Debates VI. Brasília, UNESCO, 2005

Esta monografia está organizada em cinco sessões, sendo elas uma introdução, três capítulos e nossas considerações finais. No Capítulo 1 apresentamos uma breve explanação sobre a utilização da Experimentação e das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) no processo de ensino-aprendizagem científica.

O Capítulo 2 é dedicado à apresentação dos procedimentos metodológicos desta pesquisa, nosso objeto de estudo, e os critérios de análise que foram definidos para a investigação dos laboratórios remotos nacionais.

No Capítulo 3, apresentamos os resultados obtidos através das análises estipuladas pelas autoras e os discutimos a partir do no referencial teórico.

Finalmente, apresentamos nossas Considerações Finais.

## **CAPÍTULO I - EXPERIMENTAÇÃO E TECNOLOGIAS DIGITAIS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA APRENDIZAGEM CIENTÍFICA**

Neste capítulo, apresentamos uma breve discussão sobre a experimentação como estratégia de ensino nas aulas de Física. Da mesma forma, introduzimos as tecnologias digitais de informação e comunicação. Finalizamos apresentando uma possibilidade de associá-las enquanto recurso didático nas aulas dessa disciplina.

Nos processos de ensino baseados unicamente na transmissão de conteúdos, o discente ocupa uma posição passiva (DIESEL; BALDEZ; MARTINS, 2017). Visto como “um copo vazio” ou como “uma lousa em branco”, sua única função é absorver os conteúdos apresentados pelo docente, o que, muitas vezes, não lhe permite sequer espaços para se posicionar ou se manifestar de forma crítica sobre o assunto. Erroneamente, como aponta Falcão (2018), diversos educadores entendem que nesses modelos de ensino, o aluno possui uma participação ativa:

Intuitivamente, professores imaginam que toda aprendizagem é inerentemente ativa. Muitos consideram que o aluno está sempre ativamente envolvido enquanto assiste a uma aula expositiva. [...] Entretanto, [...] os alunos devem fazer algo mais do que simplesmente ouvir, para ter uma aprendizagem efetiva. (FALCÃO, 2018, p. 100)

Em contrapartida, uma atuação mais ativa dos estudantes nas atividades de ensino pode permitir o desenvolvimento de habilidades e competências, oportunizando que aprenda em um ritmo próprio, tornando-o o também responsável pela própria aprendizagem (BERBEL, 2011).

Nesse cenário, ganham destaque as metodologias ativas, que segundo Freire (1979), são estratégias que permitem que os discentes abandonem a posição de espectadores e assumam uma participação ativa no processo de ensino aprendizagem. Segundo Berbel (2011)

As metodologias ativas têm o potencial de despertar a curiosidade, à medida que os alunos se inserem na teorização e trazem elementos novos, ainda não considerados nas aulas ou na própria perspectiva do professor. Quando acatadas e analisadas as contribuições dos alunos, valorizando-as, são estimulados os sentimentos de engajamento, percepção de competência e de pertencimento, além da persistência nos estudos, entre outras. (BERBEL, 2011, p. 28)

Pode-se dizer então que as metodologias ativas podem ser muito úteis para estimular a curiosidade, a criatividade e a reflexão dos alunos sobre os conceitos físicos (DIESEL; BALDEZ; MARTINS, 2017). Nesse sentido, a experimentação investigativa e as tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), utilizadas como ferramentas para uma aprendizagem ativa, podem contribuir com o desenvolvimento do pensamento autônomo e crítico, além de potencializar a conexão entre os estudantes - real ou virtual -, com evidentes vantagens para a aprendizagem de ciências (LIMA; ARAÚJO, 2021; PIRES; HENNRICH JÚNIOR; MOREIRA, 2018).

### 1.1 EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

Segundo Silva (2017), a experimentação, enquanto atividade de ensino, traz importantes contribuições para o processo de ensino aprendizagem, pois permite que os alunos vejam na prática conceitos teóricos que estão estudando em sala de aula. Além disso, a experimentação também ajuda os alunos a desenvolverem habilidades importantes, como observação, análise crítica e resolução de problemas.

A experimentação, quando utilizada no ambiente escolar, é classificada como experimentação didática, sendo considerada por muitos autores um produto da experimentação puramente científica, pois foi submetida a adaptações para adequação aos objetivos do ensino de Ciências (FORQUIN, 1992).

A utilização da experimentação na educação brasileira ganhou destaque por meio das ações do Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBECC), a partir da década de 1960 (KRASILCHIK, 1987; 2004), que objetivavam que a escola também se tornasse um espaço onde se produz Ciência através dos “pequenos cientistas” (OLIVEIRA, 1991), influência advinda do cenário internacional favorável ao ensino de Ciências que se constituiu após o lançamento do satélite soviético *Sputnik* em 1957 (ERN; AIRES, 2007).

Em 2001, o projeto francês *La main à la patê, de 1996*, foi lançado no Brasil como “ABC na educação científica – mão na massa”, valorizando as práticas experimentais e enfatizando as interações discursivas no decorrer das atividades (ZANON; FREITAS, 2007). Segundo Coquidé (2008) nesta iniciativa os alunos “realizam as

experiências propostas por eles mesmos, e as discutem visando compreender os aportes teóricos envolvidos nos procedimentos”.

Segundo Souza *et al.* (2013, p. 11) a experimentação pode desempenhar um papel motivacional e instigador, pois “os alunos gostam de ver cores, fumaças, movimentos, choques e explosões”. Bachelard (1996) adverte para os riscos da “experiência primeira”, ou da observação primeira – normalmente colorida, pitoresca repleta de imagens, cores e de instrumentos diferentes utilizados nas práticas - que atrai a atenção dos estudantes. Pois, para o autor, para além de focar a atenção em questões “pirotécnicas”, é importante que os alunos mantenham o foco na explicação científica.

Alguns autores categorizam as atividades experimentais de formas distintas, contudo neste trabalho assumiremos as classificações de experimentação de Campos e Nigro (1999) e de Araújo e Abib (2003): demonstrativa e experimentação de verificação (experimentação tradicional); e experimentação por investigação (experimentação inovadora).

A experimentação tradicional é aquela em as atividades dos discentes são restringidas aos roteiros, ou simplesmente à observação dos experimentos (SUART, 2008). Zômpero, Passos e Carvalho (2012) apontam que experimentação tradicional se apresenta por abordagens demonstrativas, com caráter puramente ilustrativo; e de verificação, em que a experiência é praticada unicamente por roteiros, similar ao ato de seguir uma ‘receita de bolo’.

Na experimentação demonstrativa, os discentes possuem papel passivo no processo de ensino aprendizagem, pois comumente é empregada na ilustração de conceitos já discutidos em sala de aula (FRANCISCO-JR.; FERREIRA; HARTWIG, 2008). Na experimentação por verificação, realizada a partir da utilização dos roteiros, os discentes têm como propósito comprovar fenômenos calculáveis nas leis e teorias (OLIVEIRA, 2010).

Por sua vez, a experimentação por investigação é aquela em que o discente se torna o centro das atividades, não necessitando, obrigatoriamente, ser executada em laboratórios, ou ser limitada à execução de roteiros que objetivam uma resposta precisa (GIL-PEREZ *et al.*, 2005). Nesta modalidade o aluno é o executor das

atividades e o professor o orientador, que estimulará a formulação de hipóteses e a utilização da atividade experimental como método de compreensão dos fenômenos (OLIVEIRA, 2010).

Conforme explica Marcondes (2008), a aprendizagem é facilitada:

[...] se o estudante tiver a oportunidade de acompanhar e interpretar as etapas da investigação, ele possivelmente será capaz de elaborar hipóteses, testá-las e discuti-las, aprendendo sobre os fenômenos químicos estudados e os conceitos que os explicam, alcançando os objetivos de uma aula experimental, a qual privilegia o desenvolvimento de habilidades cognitivas e o raciocínio lógico. (MARCONDES, 2008, p.2)

Segundo Oliveira (2010), uma vantagem da utilização da experimentação por investigação em relação às outras abordagens é o fato de os resultados obtidos nas atividades não serem previsíveis, o que exige dos estudantes reflexão, questionamentos e argumentações sobre o ocorrido.

## 1.2 TECNOLOGIAS DIGITAIS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TDIC)

As Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) se tornaram ferramentas essenciais na vida do ser humano e, ainda que não estejam ao alcance de toda a população, é fato que elas transformaram a maior parte das sociedades, inclusive na educação (PEIRÓ, 2017).

A partir da definição de Veraszto *et al.* (2008), pode-se refletir que a tecnologia é capaz de auxiliar na superação dos obstáculos reais da humanidade, sejam eles coletivos ou individuais.

[...] tecnologia é um conjunto de saberes inerentes ao desenvolvimento e concepção dos instrumentos (artefatos, sistemas, processos e ambientes) criados pelo homem através da história para satisfazer suas necessidades e requerimentos pessoais e coletivos. (VERASZTO *et al.*, 2008, p.78)

Para alguns autores (KENSKI, 2008; VALENTE, 2013), há ainda uma categorização complementar das TIC, denominadas Tecnologias Digitais da Comunicação e da Informação (TDIC), que englobam aquelas tecnologias digitais que estão conectadas a uma rede de comunicação de seus usuários.

Conforme mencionado por Almeida (2007),

A disseminação das tecnologias digitais provoca transformações substanciais no mundo contemporâneo, no desenvolvimento do conhecimento científico, na cultura, na política, na vida em sociedade e no trabalho, exigindo pessoas cada vez melhor preparadas e atualizadas para lidar com o conhecimento vivo e pulsante que emerge nas distintas esferas da atividade humana. (ALMEIDA, 2007, p.13)

Ainda segundo Almeida (2007), apesar de a palavra tecnologia estar no cotidiano do ser humano em diversas circunstâncias, é preciso ter cautela em relação à esfera educacional que este conceito assume. Nesse contexto, o termo se refere a recursos tecnológicos que podem apoiar e aprimorar o ensino e a aprendizagem dos discentes.

Os autores Campos (2017), Raabe *et al.* (2015) e Valente (2016) destacam a importância da inclusão das tecnologias ao processo de ensino aprendizagem, seja pela potencialidade e atuação criativa no trabalho do professor ou pelo aperfeiçoamento no processo de construção de conhecimento por parte do aluno.

Embora as tecnologias digitais tenham assumido um papel importante na vida contemporânea da sociedade, elas não devem ser entendidas como a solução para todos os obstáculos existentes na educação, assim como mencionado por Fiorentini e Lorenzato (2006):

(...) parece haver uma crença, entre alguns responsáveis pelas políticas educacionais, de que as novas tecnologias da informação e comunicação são uma panaceia para solucionar os males da educação atual. [...] se, de um lado, pode ser considerado relativamente simples equipar as escolas com essas tecnologias, de outro, isso exige profissionais que saibam utilizá-las com eficácia na prática escolar. (FIORENTINI; LORENZATO, 2006 p. 46)

Desta forma, assim como retratado por Behar *et al.* (2011) ao afirmarem que “não basta utilizar os recursos informáticos, é preciso problematizá-los e produzir novas relações numa pedagogia reflexiva”, Gesser (2012) menciona algumas limitações quando da inserção das TIC na educação:

- O uso inadequado ou sem critérios das diferentes mídias pelo professor ou pelo estudante levará à superficialidade dos processos formativos, podendo estimular os estudantes à cópia ou ao uso indevido das informações acessadas;
- A falta de recursos financeiros tanto das instituições quanto dos estudantes, para a aquisição dos equipamentos e materiais necessários, impossibilita o uso das diversas mídias já disponíveis como metodologias para os processos de ensino e aprendizagem, entre outras. (GESSER, 2012, p. 29)

É importante ressaltar que há diversos educadores que não partilham das reflexões expostas em relação ao uso de tecnologias no ensino. Miro-Julia (2001), por exemplo, menciona que a utilização demasiada desse tipo de recurso, possibilitará, no futuro, a extinção de certos conhecimentos e habilidades devido à automação exacerbada dos processos.

### 1.3 LABORATÓRIOS EDUCACIONAIS DIGITAIS: UMA PROPOSTA DE ASSOCIAÇÃO DAS METODOLOGIAS EXPERIMENTAÇÃO E TECNOLOGIAS DIGITAIS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO

A associação da Experimentação e das TDIC pode trazer benefícios significativos para a aprendizagem dos alunos, sendo que a primeira, quando utilizada como estratégia de ensino, incentiva os alunos a aprenderem por meio da prática, e as TDIC oferecem ferramentas para apoiar e enriquecer as atividades educacionais (GUAITA; GONÇALVES, 2022).

Ainda segundo Guaita e Gonçalves (2022), essa associação pode permitir que os estudantes sejam protagonistas no processo de ensino aprendizagem, na medida em que sejam incentivados a utilizar as ferramentas disponíveis para coletar dados, analisar informações e apresentar seus resultados de forma criativa e interativa.

Por exemplo, em uma aula de biologia, a utilização de um simulador de dissecação virtual permite que os alunos estudem a anatomia de um animal sem a necessidade de sacrificar um espécime real (RODRIGUEZ, 2014). Em uma aula de física, através da utilização de softwares de simulação os alunos realizam experimentos virtuais para estudar fenômenos complexos que não são possíveis de serem observados em uma sala de aula. Além disso, numa experimentação digital é possível refazer o experimento diversas vezes, por caminhos diversificados, proporcionando criatividade e autoconfiança ao discente (LEAL; SILVA; MENESES, 2020).

Dessa forma, Gonçalves (2003) indica que a utilização de um laboratório de experimentação didática, tendo como propósito a aprendizagem científica, possibilita o relacionamento do cotidiano do aluno com a vida acadêmica. Entretanto, segundo o

Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, INEP, (2019) apenas 44% das escolas do Brasil possuem laboratórios de Ciências. Por outro lado, 78% das escolas brasileiras possuem laboratórios de informática, conforme apontado pelo CENSO Escolar de 2019.

Estes laboratórios, referindo a forma como a experimentação é manuseada pelos discentes, podem ser classificados em convencionais – chamados *hands-on* – e digitais, enquadrando-se nessa categoria os simuladores, laboratórios virtuais e laboratórios remotos.

Corroborando essa classificação, Veloso e Neto (2014, p. 5), descrevem laboratórios convencionais como laboratórios reais, caracterizados por um “Ambiente físico com instrumentos para manuseios e guias de orientação nos momentos da montagem e de teste dos experimentos, por sua característica física, impede o acesso amplo a seus recursos”, ou seja, é o espaço onde os alunos poderão ter um contato real com a experimentação em estudo.

Por sua vez, segundo DICIO (2020), simulador é um “Aparelho capaz de reproduzir o comportamento de outro aparelho cujo funcionamento se deseja estudar, ou de um corpo cuja evolução se quer seguir”, ou seja, um simulador é capaz de realizar representações gráficas, sem interação do usuário, para manipulação das variáveis. O simulador apenas reproduz situações físicas com parâmetros idealizados.

Embora alguns autores caracterizem os simuladores como laboratórios virtuais, (MARTINS, NETO, LIMA, 2005), há aqueles que contrapõem esta afirmação destacando a incompreensão do atual significado.

[...] Existem autores que afirmam que o laboratório virtual é desenvolvido para conduzir experimentos simulados, ou seja, são simuladores de coisa real. Outros dizem que é o acompanhamento e controle de experimentos e ensaios realizados de forma remota. E ainda, demonstrativos interativos sofisticados. Claramente, percebe-se não existir uma definição padronizada sobre esses laboratórios. Ocorre uma mistura de termos e conceitos que, em alguns casos, levam a contradições no que se refere a "ser virtual". (MARTINS, NETO, LIMA, 2005, p. 33)

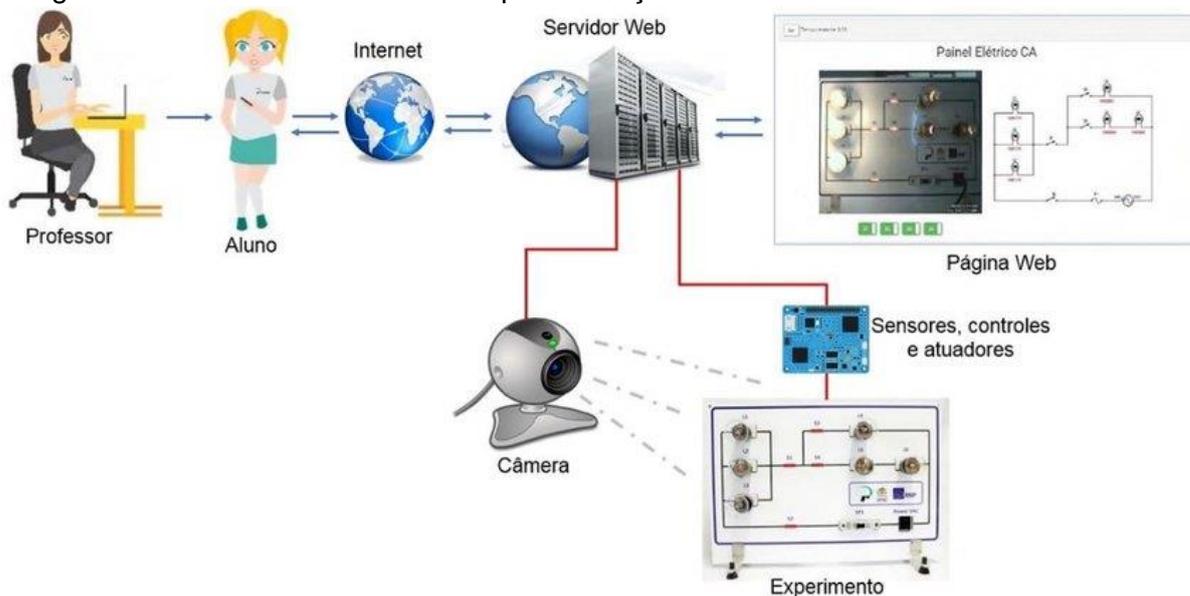
Entre os diversos ambientes virtuais para o ensino da Ciência, um dos mais conhecidos e utilizados como recurso didático é a plataforma *Physics Educational*

*Technology*, conhecida como PhET<sup>2</sup> - desenvolvida pela *University of Colorado Boulder* sob orientação de Carl Wieman em 2002, laureado com o prêmio Nobel em 2001 - que possui simuladores e laboratórios virtuais das áreas de Biologia, Ciências da Terra, Física, Matemática e Química.

Para Cardoso e Takahashi (2011, p. 185-208), “Um Laboratório de Experimentação Remota é um laboratório real, porém com a possibilidade de ser acessado de qualquer local por meio de um computador conectado à Internet”. Assim podemos dizer que laboratórios remotos são aqueles que permitem que o usuário tenha total controle sobre um experimento com características reais através da Internet.

De caráter ilustrativo, a Figura 1 exemplifica uma interação entre uma experimentação e as tecnologias educacionais em sala da aula, por meio de um laboratório de acesso remoto.

Figura 1: Funcionamento de uma experimentação associada as TIC no âmbito escolar



Fonte: Pierri *et al* (2019)

Pode-se perceber que a dinâmica durante a atividade experimental começará com o discente juntamente com o docente acessando o laboratório via internet, através do computador ou até mesmo por um *smartphone*. Assim que o aluno acessa a *home*

2 Disponível no *site* [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/)

*page* do laboratório, é possível escolher qual atividade experimental deseja realizar, essa interação entre aluno e experimento ocorrerá por intermédio de sensores, controles e atuadores existentes fisicamente no experimento remoto. Caberá ao aluno a manipulação da atividade, podendo ser acompanhada pela *webcam* que transmitirá, em tempo real, as imagens e, posteriormente, a interpretação do resultado obtido.

Em resumo há diversas estratégias e metodologias do ensino que podem ser utilizadas na disciplina de Física, além destas possibilidades é possível associá-las como subsídio no processo de ensino aprendizagem. A associação das metodologias Experimentação e TIC pode contribuir para escolas que não possuam laboratórios de Ciências, mas disponham de laboratórios de Informática.

No próximo capítulo apresentaremos os percursos metodológicos dessa pesquisa.

## CAPÍTULO II - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

Neste capítulo, apresentamos os passos para a constituição dos caminhos seguidos nessa pesquisa, sendo eles: as abordagens utilizadas e os procedimentos metodológicos para a coleta e análise dos dados.

Este trabalho tem como base as disposições de uma pesquisa exploratória, a qual, de acordo com Gil (2002), “têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito”. Adicionalmente, Zikmund (2000) aponta que os estudos exploratórios são metodologias úteis para identificar situações, investigar possíveis alternativas ou até mesmo deparar com novas ideias.

Por outro lado, trata-se também de uma pesquisa com abordagem qualitativa, pois conforme Godoy (1995, p. 57-63) “Os estudos denominados qualitativos têm como preocupação fundamental o estudo e a análise do mundo empírico em seu ambiente natural”. Ainda segundo o autor, a pesquisa qualitativa refere-se à obtenção dos dados por contato direto do pesquisador com o objeto estudado, objetivando “compreender os fenômenos segundo a perspectiva dos sujeitos, ou seja, dos participantes da situação em estudo” (p.58).

### 2.1 OBJETO DE INVESTIGAÇÃO

Como já exposto, os laboratórios remotamente controlados apresentam uma característica particularmente interessante: unir a experimentação e as tecnologias digitais de comunicação no ensino de Física. Desta forma, e com o intuito de responder nossa questão de pesquisa, houve a necessidade de mapear os laboratórios brasileiros remotamente controlados com potencial de utilização na educação básica. Para tanto, a pesquisa foi organizada em duas etapas:

#### a) Investigação dos laboratórios remotos brasileiros

A investigação dos laboratórios remotos brasileiros foi realizada a partir da leitura de artigos encontrados nos repositórios CAPES, Scielo e Google Acadêmico, utilizando as palavras-chaves (em português, inglês e espanhol): laboratório remoto, experimentação remota, laboratório para ensino, experimentação no ensino de

Física<sup>3</sup>. Além disso, foram realizadas buscas em *sites* de pesquisas e em redes de mídias sociais.

#### b) Análise dos experimentos remotos

Como etapa inicial, foi necessário compreender em que categoria se inseriam os laboratórios remotos, uma vez que permitem a realização de experimentos reais, controlados à distância. A partir da definição de Wiley (2002, p.2, tradução nossa), de objeto de aprendizagem (OA) é “um recurso digital e reusável que contribuirá para o Ensino”, e conforme estabelecido na norma 1487 do Instituto de Engenheiros Eletrônicos e Eletricistas - IEEE (2002, p.3), de que “um objeto de aprendizagem é definido como qualquer entidade, digital ou não, que possa ser usada para aprendizagem, educação ou treinamento”. Desta forma neste trabalho categorizamos os laboratórios remotamente controlados como objetos de aprendizagem.

Conforme apontado por Almeida (2018, p. 41), “diversos são as instituições e autores que buscam apontar os padrões básicos que sejam compatíveis para o uso de um OA.”. Tori (2010, p. 110) menciona que “Com a padronização é possível obter interoperabilidade<sup>4</sup> e reusabilidade, dois fatores essenciais para o amadurecimento e a popularização da educação virtual interativa”.

Referenciando o exposto por Carneiro e Silveira (2014), para um recurso didático ser considerado, um OA deve atender às seguintes condições: “Explicitar claramente um objetivo pedagógico; Priorizar o digital; Prover auxílio aos usuários; Proporcionar interatividade; Proporcionar interação; Fornecer feedback constante e Ser autocontido” (p. 240).

A partir das considerações apresentadas, para as análises dos objetos desta pesquisa, foram levadas em consideração as diretrizes apontadas pelos autores Arantes, Miranda e Studart (2010) que mencionam as características específicas de um OA apresentadas por Tarouco *et al.* (2003), divididos em duas categorias, sendo elas, material de apoio ou objeto experimental.

---

3 Remote lab; remote experimentation; experimentation in Physics Teaching; laboratorio remoto; experimentación remota; experimento en la enseñanza de la Física.

4 Segundo Gama (2007), Interoperabilidade trata-se da habilidade de operar através de uma variedade de hardware, sistemas operacionais e browsers, intercâmbio efetivo entre diferentes sistemas

- Material de apoio

Este tópico refere-se aos materiais presentes nas plataformas com o intuito de facilitar a utilização e a compreensão do experimento. Os critérios utilizados para as análises estão apresentados no Quadro I.

Inicialmente, não haviam sido previstas estas análises, todavia estas se mostraram necessárias, pois conforme pesquisa realizada INEP (2020) apenas 65,2% dos profissionais são “Docentes com formação superior de licenciatura na mesma disciplina que lecionam, ou bacharelado na mesma disciplina com curso de complementação pedagógica concluído”.

Quadro I – Formulário para análise dos materiais de apoio

| <b>Análise qualitativa dos materiais de apoio dos experimentos</b> |                                 |  |                              |
|--|---------------------------------|--|------------------------------|
| Laboratório analisado:   |                                 |  | Data da análise:             |
| Título do experimento:   |                                 |  | Link:                        |
| <b>Categoria</b>   | <b>Elementos de análise</b>     | <b>Elemento de análise</b>   | <b>Comentário da análise</b> |
| 1.Introdução teórica do fenômeno                                   | 1.1. Base teórica               | 1.1.1. Há uma discussão do prévia do conceito apresentado  |                              |
|  |                                 | 1.1.2. Há uma discussão histórica  |                              |
|  | 1.2. Base pedagógica            | 1.2.1. Permite a exploração de conhecimentos anteriores, por meio de um contexto conhecido por eles. |                              |
| 2.Objetivo do experimento  | 2.1. Fenomenologia              | 2.1.1. Quais fenômenos físicos são estudados no experimento?   |                              |
|  | 2.2. Aprendizagem dos conceitos | 2.2.1. O objetivo do experimento está claro para o usuário   |                              |
| 3. Procedimento  | 3.1. Materiais                  | 3.1.1. Há apresentação dos materiais utilizados no experimento                                       |                              |
|  | 3.2. Métodos                    | 3.2.1. Há explicação sobre como utilizar a plataforma corretamente                                   |                              |
|  |                                 | 3.2.2. Há uma explicação clara sobre como realizar o experimento                                     |                              |

| <b>Categoria</b>           | <b>Elementos de análise</b>              | <b>Elemento de análise</b>   | <b>Comentário da análise</b> |
|----------------------------|--|--|------------------------------|
| 4. Resultados e discussões | 4.1. Levantamento e testes das hipóteses | 4.1.1. Os estudantes são solicitados a levantar suas hipóteses.  |                              |
|                            |  | 4.1.2. Há questões do tipo: Qual a solução para esse problema? O que pode ter acontecido?  |                              |
|                            |  | 4.1.3. Os estudantes são solicitados a propor um experimento para testar suas hipóteses.   |                              |
|                            |  | 4.1.4. Há questões do tipo: Como vocês vão resolver esse problema? Como verificar se suas ideias iniciais estão corretas ou não? |                              |
|                            | 4.2. Discussões                          | 4.2.1. Os estudantes possuem um momento para discutir entre si e com o professor   |                              |
|                            | 4.3. Apresentação dos resultados         | 4.3.1. Apresenta atividades para que os estudantes resolvam individualmente  |                              |
|                            |  | 4.3.2. Há solicitações do tipo: Escreva um texto sobre o que você aprendeu. Faça um relatório.                                   |                              |

Fonte: Elaborado pela autora

Os critérios indicados no Item 4.1 do Quadro I foram escolhidos a fim de verificar qual o tipo de aplicação melhor se enquadra o experimento: tradicional, verificação ou investigação.

#### - Objeto experimental

Nesta categoria se enquadram todos os experimentos presentes nas plataformas. Os critérios utilizados para análises dos objetos experimentais foram estruturados com base nas diretrizes utilizadas por Almeida (2017), conforme apresentado no Quadro II.

Quadro II – Formulário para análise dos experimentos

| <b>Análise qualitativa dos experimentos</b> |                             |   |                              |
|---|-----------------------------|---|------------------------------|
| Laboratório analisado:                      |                             |   | Data da análise:             |
| Título do experimento:                      |                             |   | Link:                        |
| <b>Categoria</b>                            | <b>Elementos de análise</b> | <b>Elemento de análise</b>  | <b>Comentário da análise</b> |
| Técnica                                     | 1.Acessibilidade            | 1.1. Há necessidade de agendamento prévio para utilização da plataforma?  |                              |
|   |                             | 1.2. Possibilita acesso simultâneo pelos usuários?  |                              |
|   |                             | 1.3. Precisa de algum cadastro para acessar o experimento?  |                              |
|   | 2.Metadados                 | 2.1. Há indicativo das referências do experimento (Exemplo: título, autores, colaboradores, tema, palavras-chave, versão, localização, licença e propriedade intelectual) ? |                              |
|   |                             | 2.2. Está apresentado as características pedagógicas relacionadas ao uso e também ao objetivo de aprendizagem?  |                              |
|   |                             | 2.3. Essas informações estão claras para o usuário?   |                              |
|   | 3. Interoperabilidade       | 3.1. Há possibilidade de serem utilizados tanto no computador quanto <i>smartphones, tablets</i> ou afins?  |                              |
|   | 4. Flexibilidade            | 4.1. Há possibilidade de abordar mais de um fenômeno na utilização do experimento? Quais?   |                              |
|   |                             | 4.2. Há possibilidade de utilizar os OA fora da sala de aula? (Exemplo: palestras e lições de casa)   |                              |
|   | 5. Reusabilidade            | 5.1. O OA pode ser acessado e reutilizado?  |                              |
|   |                             | 5.2. Há possibilidade de utilizar o OA por um longo período mesmo com o avanço tecnológico?   |                              |

| <b>Categoria</b> | <b>Elementos de análise</b> | <b>Elemento de análise</b>  | <b>Comentário da análise</b> |
|------------------|-----------------------------|---|------------------------------|
| Conceitual       | 6. Interatividade           | 6.1. A interface gráfica possibilita a interação do aluno com o experimento em qual nível (não intuitivo, semi-intuitivo, intuitivo)?           |                              |
|                  |                             | 6.2. Qual o nível de interatividade o experimento possui (nenhuma interatividade, interatividade autoritária, dialética, dialógica, sinérgica)? |                              |
|                  | 7. Apoio ao docente         | 7.1. Há materiais de apoio teórico para aplicação do experimento (Roteiro, vídeos explicativos, textos base)?                                   |                              |
|                  |                             | 7.2. Há materiais de apoio avaliativo (Lista, quiz, formulários)?   |                              |
|                  | 8. Usabilidade              | 8.1. Os usuários podem ter interpretações diferentes do experimento?  |                              |
|                  |                             | 8.2. Quantas repetições deverão ser realizadas para uma análise completa?   |                              |
|                  |                             | 8.3. Como é feita a demonstração dos dados obtidos?   |                              |
|                  |                             | 8.4. A linguagem utilizada é acessível?   |                              |

Fonte: Elaborado pela autora

Referenciando o Item 6.1 do Quadro II, conforme apresentado pelo dicionário DICIO (2021), entende-se como intuitivo aquele que possui natureza intuitiva. Desta forma, entende-se como semi-intuitivo aquele que possui uma parcela de sua natureza prevista por intuição, e não-intuitivo aquele que não possui parcela alguma. Aludindo os objetos de análise desta pesquisa, tem-se como definições para plataformas intuitivas aquelas que possibilitam ao usuário operar o experimento sem nenhuma instrução prévia. Logo, as plataformas semi-intuitivas são aquelas em que o usuário precisa de algum tipo de orientação para manusear os experimentos de

forma satisfatória. Por fim, as plataformas não-intuitivas são aquelas em que o usuário precisa de orientações durante todo o manuseio do experimento.

Sobre o Item 6.2, entende-se como uma plataforma com interatividade dialética aquela que o aluno constrói a interação desejada. Considera-se interatividade dialógica aquela que possibilita a participação do discente, em que a interação é realizada a partir da exploração e teste de hipóteses. Já a interatividade sinérgica refere-se a uma associação colaborativa entre os alunos a partir da utilização da ferramenta digital (ALMEIDA, 2017).

No próximo capítulo apresentaremos os resultados e as discussões dos dados encontrados.

## CAPÍTULO III – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo se propõe a apresentar os principais resultados alcançados durante a execução desta pesquisa, na qual analisamos os laboratórios brasileiros remotamente controlados que podem ser utilizados na educação básica.

### 3.1 MAPEAMENTO E INVENTÁRIO

Inicialmente, fez-se necessária a busca dos laboratórios nacionais. Durante a apuração dos laboratórios foram encontrados três projetos que, infelizmente, não se encontram mais ativos: 1) o “Centro de Referência para o Ensino de Física – CREF” (2000 – 2002), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, único laboratório que possuía experimentos voltados exclusivamente à Física Moderna; 2) o projeto KyaTera – Plataforma Óptica de Pesquisa para o Desenvolvimento da Internet Avançada (2005 – 2013), financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), interligando diversos laboratórios de pesquisa de universidades do estado de São Paulo, com uma rede de alta velocidade em fibra óptica, não tendo apenas a Física como abrangência de pesquisa, que foi paralisado devido à falta de investimento, acarretando que algumas universidades participantes desse continuidade de forma particular; 3) o projeto WebLab, do Instituto Tecnológico da Aeronáutica – ITA (2005 – 2020), que possuía estudos de diversas áreas das Ciências, tristemente o projeto foi encerrado devido ao professor Dr. José Silvério Edmundo Germano<sup>5</sup> (coordenador do laboratório) ter entrado com o processo de aposentadoria e não haver interesse por parte de outros docentes em assumir o projeto.

Dentre os laboratórios ativos que atendem os objetivos da pesquisa foram encontrados: 1) o Laboratório de Experimentação Remota – RexLab, 2) o Laboratório Didático Remoto de Física, 3) Telescópios na Escola – TnE, 4) o RLab - UFLA. A análise, que seguiu os critérios descritos no Capítulo 2, será apresentada a seguir. Iniciamos pela apresentação da ficha catalográfica de cada um dos laboratórios remotos com sede no Brasil destinados ao ensino de Física e um histórico de cada laboratório evidenciado.

---

<sup>5</sup> Informação concedida durante troca de e-mails com os coordenadores dos Laboratórios.

### **a) Laboratório de Experimentação Remota – RexLab**

Objetivando a inclusão social e a educação para todos, o projeto RexLab foi fundado em 1996, no departamento de Informática e Estatística (INE) na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), porém foi só em 1997 que o projeto piloto do laboratório foi disponibilizado pela primeira vez.

Conhecido como Laboratório de Experimentação Remota, o experimento possibilitava que o usuário pudesse programar ou compilar seu programa no microcontrolador 8051, desenvolvido pelo próprio laboratório. A estrutura do experimento, bem como do próprio *website*, era bem robusta, o que para a época era uma inovação, sendo citado como exemplo no livro *Programming and Customizing the 8051 Microcontroller (Programming and Customizing Microcontrollers* de Myke Predko.

Atualmente o RexLab conta com a coordenação dos Professores Doutores João Bosco da Mota Alves e Juarez Bento da Silva, abrangendo temáticas das áreas de Biologia, Física, Química e Robótica com um total de dez experimentos, conforme apresentado no Quadro III. Além disso, o RexLab possui uma rede de apoio de doze universidades (RexNet) em cinco países diferentes, possibilitando o acesso à plataforma pelo *Remote Labs Learning Environment (RELLE)*. O laboratório já foi contemplado com seis prêmios nacionais na categoria recursos digitais voltados à educação e dois prêmios internacionais, sendo um deles da *Online Lab Award – GOLC (2017)* com o reconhecimento de melhor laboratório controlado remotamente.

No *site*<sup>6</sup> do laboratório é apresentada uma breve descrição dos experimentos, o que possibilita ao usuário uma ideia do que se trata cada atividade. O experimento “Banco Óptico” estuda o comportamento da luz nas lentes mais comuns e com formatos variados; o experimento “Condução de calor em barras metálicas” aborda o modelo de propagação do calor; por sua vez, o experimento “Conversão de Energia Luminosa em Elétrica” exhibe a transformação da energia luminosa incidente nas células solares em energia elétrica através do efeito fotovoltaico.

---

<sup>6</sup> <http://relle.ufsc.br/labs>

Além desses, o experimento “Meios de Propagação de Calor” apresenta a propagação de calor por convecção e irradiação térmica; o “Motor CA” demonstra as ligações direta e estrela-triângulo que possibilitam o acionamento do motor elétrico de corrente alternada; o experimento “Painel elétrico CA” possibilita o estudo das associações em série, paralela e mista em redes de corrente alternada. Já o “Painel elétrico CC” possibilita o estudo das associações em série, paralela e mista em redes de corrente contínua; o experimento “Plano Inclinado” demonstra a segunda lei de Newton do movimento e a decomposição de forças em vetores; e, finalmente, o experimento VISIR refere-se aos módulos educacionais para teoria e prática de circuitos elétricos e eletrônicos.

Quadro III – Ficha catalográfica RexLab

| <b>Título do experimento</b>              | <b>Status do experimento<sup>7</sup></b> | <b>Link</b>   |
|---|--|---|
| Banco Óptico                              | Indisponível                             | <a href="http://relle.ufsc.br/labs/12">http://relle.ufsc.br/labs/12</a> |
| Condução de calor em barras metálicas     | Disponível                               | <a href="http://relle.ufsc.br/labs/13">http://relle.ufsc.br/labs/13</a> |
| Conversão de Energia Luminosa em Elétrica | Disponível                               | <a href="http://relle.ufsc.br/labs/10">http://relle.ufsc.br/labs/10</a> |
| Luminotécnica                             | Indisponível                             | -   |
| Meios de Propagação de Calor              | Disponível                               | <a href="http://relle.ufsc.br/labs/5">http://relle.ufsc.br/labs/5</a>   |
| Motor CA                                  | Indisponível                             | -   |
| Painel Elétrico CA                        | Disponível                               | <a href="http://relle.ufsc.br/labs/2">http://relle.ufsc.br/labs/2</a>   |
| Painel Elétrico CC                        | Disponível                               | <a href="http://relle.ufsc.br/labs/1">http://relle.ufsc.br/labs/1</a>   |
| Plano Inclinado                           | Disponível                               | <a href="http://relle.ufsc.br/labs/7">http://relle.ufsc.br/labs/7</a>   |
| VISIR                                     | Indisponível                             | <a href="http://relle.ufsc.br/labs/18">http://relle.ufsc.br/labs/18</a> |

Fonte: Elaborado pela autora

---

<sup>7</sup> Os experimentos “Banco Óptico” e “VISIR” passaram para o *status* ativo após a finalização desta pesquisa. Além disso, foram implementados mais dois experimentos: “Pêndulo Mundial” desenvolvido em parceria com a Universidade Estadual de Santa Cruz – Ilhéus – BA e “Painel Elétrico CA 2” localizado no próprio laboratório RExLab.

## b) Laboratório Didático Remoto de Física

Em meados de 2012, a Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) iniciou estudos sobre coletas de dados sob meios automatizados, através dos trabalhos do Professor Doutor Thiago Costa Caetano. Os primeiros experimentos, eram compostos por interfaces limitadas, pois foram desenvolvidas em linguagens de programação inapropriadas, o que dificultava a utilização em salas de aula.

A evolução significativa do laboratório ocorreu no ano de 2015, após a criação do Instituto de Física e Química (IFQ) da universidade, possibilitando que o laboratório fosse hospedado em uma sala ampla, com infraestrutura mais adequadas, possibilitando o acesso de mais de trinta países. Atualmente, o Laboratório possui cerca de sete experimentos sobre fenômenos físicos, conforme apresentado no Quadro IV.

Além da universalização da experimentação, o laboratório também possibilita a formação dos estudantes de licenciatura em Física da universidade, objetivando que os futuros docentes estejam familiarizados com a educação digital.

Quadro IV – Ficha catalográfica Laboratório Didático Remoto de Física

| <b>Título do experimento</b> | <b>Status do experimento<sup>8</sup></b> | <b>Link</b>   |
|------------------------------|--|---|
| Trilho de ar                 | Disponível                               | <a href="https://bit.ly/3nTXsYQ">https://bit.ly/3nTXsYQ</a> |
| Ondas estacionárias          | Disponível                               | <a href="https://bit.ly/41lw3gK">https://bit.ly/41lw3gK</a> |
| Óptica física                | Disponível                               | <a href="https://bit.ly/3Uvwumz">https://bit.ly/3Uvwumz</a> |
| Hidrostática                 | Disponível                               | <a href="https://bit.ly/3Kw9pvk">https://bit.ly/3Kw9pvk</a> |
| Acústica                     | Disponível                               | <a href="https://bit.ly/3A7U7bL">https://bit.ly/3A7U7bL</a> |
| Curva de Luz                 | Disponível                               | <a href="https://bit.ly/3mpybWe">https://bit.ly/3mpybWe</a> |
| Termometria                  | Disponível                               | <a href="https://bit.ly/3KQY2jh">https://bit.ly/3KQY2jh</a> |

Fonte: Elaborado pela autora

---

<sup>8</sup> Foi implementado mais um experimento “Anel de Thomson” após a finalização desta pesquisa.

### c) Telescópios na Escola - TnE

Durante as buscas, não encontramos uma data precisa do início do programa educacional Telescópios na Escola (TnE), inicialmente denominado Observatórios Virtuais. Contudo, durante as pesquisas encontramos a primeira menção ao projeto em congressos, ocorrida em 2003, na XXXIII Reunião Anual da Sociedade Astronômica Brasileira (SAB).

Atualmente, o projeto constitui-se da disponibilização dos telescópios de oito instituições acadêmicas sob a coordenação do IAG/USP, sendo elas: IAG/USP (Valinhos, SP), Universidade Federal do Rio de Janeiro (Observatório do Valongo, RJ), Universidade Federal de Santa Catarina (Florianópolis, SC), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Porto Alegre, RS), Colégio Militar de Porto Alegre (Porto Alegre, RS), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (São José dos Campos, SP), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (Natal, RN) e na Universidade Estadual de Ponta Grossa (Ponta Grossa, PR), conforme apresentado no Quadro V.

Mesmo com mais de 20 anos de operação, o projeto TnE almeja alcançar parcerias internacionais, o que possibilitaria a captação de imagens de estrelas, planetas, asteroides, cometas, galáxias, entre outros objetos a partir de telescópios de outros países.

Quadro V – Ficha catalográfica TnE

| <b>Título do experimento</b>    | <b>Status do experimento<sup>9</sup></b> | <b>Link</b>   |
|---------------------------------|--|---|
| IAG/USP (Valinhos - SP)         | Indisponível                             | <a href="https://bit.ly/41iAOrD">https://bit.ly/41iAOrD</a> |
| INPE (São José dos Campos - SP) | Indisponível                             | <a href="https://bit.ly/3UtpA1g">https://bit.ly/3UtpA1g</a> |
| CMPA (Porto Alegre - RS)        | Indisponível                             | <a href="https://bit.ly/3ZXdoag">https://bit.ly/3ZXdoag</a> |
| UFRJ (Rio de Janeiro - RJ)      | Indisponível                             | -   |
| UFSC (Florianópolis - SC)       | Indisponível                             | <a href="https://bit.ly/43m0R2V">https://bit.ly/43m0R2V</a> |
| UEPG (Ponta Grossa - PR)        | Indisponível                             | <a href="https://bit.ly/3mmM1IX">https://bit.ly/3mmM1IX</a> |
| UFRN (Natal - RN)               | Indisponível                             | <a href="https://bit.ly/3UpXrbk">https://bit.ly/3UpXrbk</a> |

Fonte: Elaborado pela autora

<sup>9</sup> No ano de apresentação deste trabalho (2023) os experimentos não se encontraram ativos

#### d) RLab

Uma das estratégias para driblar a pandemia provocada pelo COVID-19, em 2020, foi o aperfeiçoamento das tecnologias digitais para o ensino. Depois de oito meses de ensino remoto, objetivando a continuidade das atividades experimentais, a Universidade Federal de Lavras (UFLA), sob coordenação do Professor Doutor Ulisses Azevedo Leitão, desenvolveu o Laboratório Remoto de Circuitos Elétricos (RLab), com dois experimentos remotos conforme apresentado no Quadro VI.

Inicialmente, as atividades experimentais foram utilizadas com os estudantes do curso de Licenciatura em Física, para manipulação e observações quanto à eficácia dos experimentos. Posteriormente, o acesso foi disponibilizado para estudantes do ensino médio de escolas públicas e privadas de Nova Serrana e Lavras, cidades do interior do estado de Minas Gerais.

Quadro VI – Ficha catalográfica RLab

| <b>Título do experimento</b> | <b>Status do experimento<sup>10</sup></b> | <b>Link</b>   |
|------------------------------|---|---|
| Calorimetria                 | Disponível                                | <a href="http://177.105.24.5:8001">http://177.105.24.5:8001</a> |
| Circuitos Elétricos          | Disponível                                | <a href="http://177.105.24.5:8001">http://177.105.24.5:8001</a> |

Fonte: Elaborado pela autora

### 3.2 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

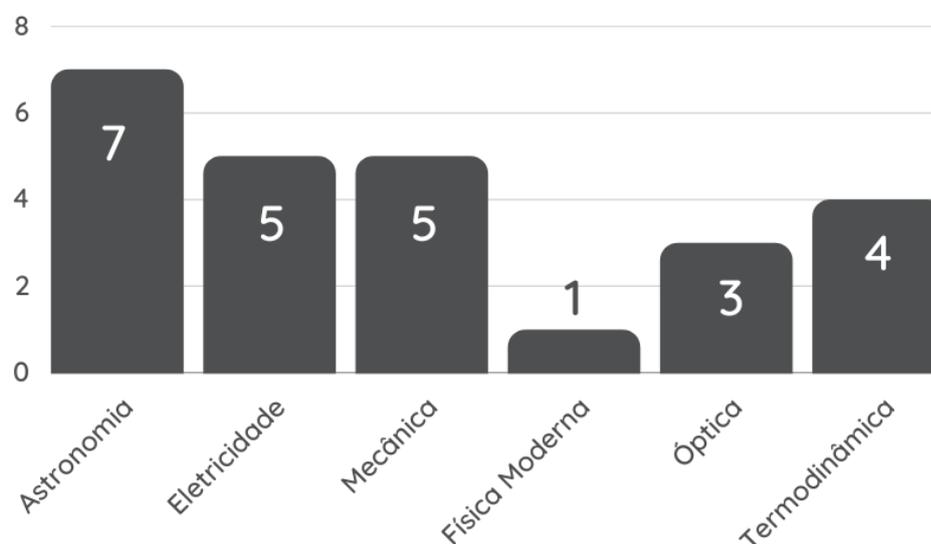
Segundo Caetano (2020), coordenador do Laboratório Remoto de Física da UNIFEI, há uma quantidade pequena de laboratórios e experimentações remotas espalhados pelo mundo. Retratando o cenário nacional, os dados obtidos na pesquisa, expondo apenas as áreas da Física, estão apresentados no Gráfico 1. Os resultados apontam que a Astronomia é a área com mais recursos experimentais, contando com o total de sete telescópios disponíveis para atividades acerca da observação astronômica. Em segundo lugar encontram-se empatadas as áreas de

---

<sup>10</sup> No ano de apresentação deste trabalho (2023) os experimentos não se encontraram ativos.

Eletricidade e Mecânica, possivelmente pela simplicidade no desenvolvimento e a alta aplicabilidade das atividades experimentais.

Gráfico 1: Comparação entre a quantidade de experimentos de cada laboratório e a área correspondente na Física.



Fonte: Elaborado pela autora.

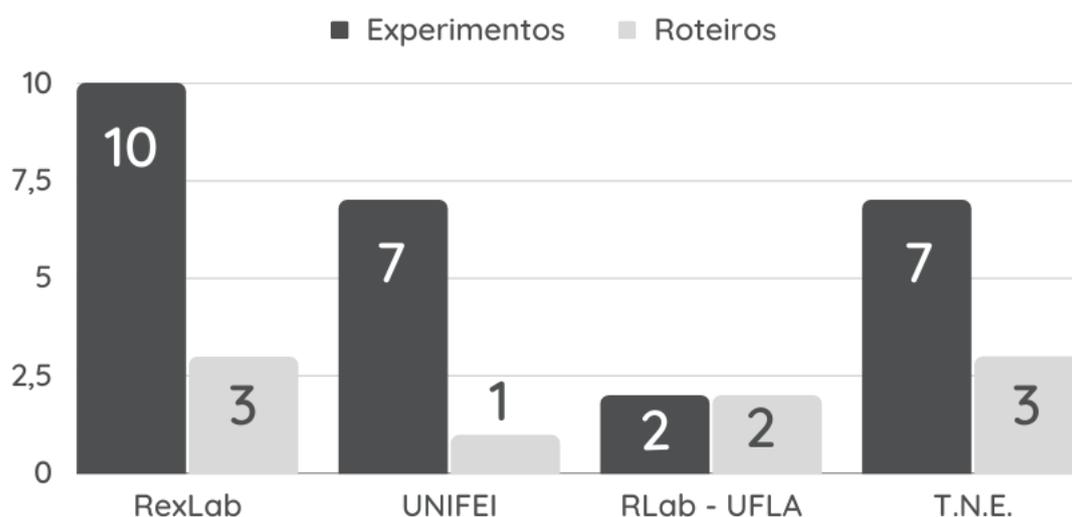
Porém, devido ao cenário pandêmico, alguns laboratórios tiveram suas atividades prejudicadas, ou até mesmo interrompidas por tempo indeterminado, como foi o caso do laboratório “Telescópios na Escola”.

Desta forma, buscou-se realizar observações com enfoque pedagógico do fenômeno a fim de conferir se existe risco de o OA ser utilizado apenas com fins de entretenimento. Isso porque, a partir de uma visão crítica, é fundamental a observação da concepção teórica que está implícita na atividade experimental, a fim de verificar o potencial existente neste recurso didático para de promover mudanças significativas no processo escolar ou até mesmo fora dele (DE OLIVEIRA, NETO, GOMES, 2001; MONTEIRO, 2001).

Em relação aos materiais analisados, tem-se no Gráfico 2 a comparação entre a quantidade de experimentos e a quantidade de materiais existentes para dar suporte aos docentes. Pode-se perceber que apenas o laboratório “RLab-UFLA” possui em igual quantidade experimentos e roteiros, o que pode, em princípio, permitir que as atividades sejam realizadas de forma adequada, com mais aproveitamento em sala

de aula. As análises, em sua integralidade, realizadas nos materiais didáticos, estão compiladas no Apêndice I.

Gráfico 2: Comparação entre a quantidade de experimentos de cada laboratório e a quantidade de roteiros ou materiais de apoio que podem auxiliar as atividades experimentais



Fonte: Elaborado pela autora.

É de referir que alguns materiais de apoio expuseram circunstâncias cativantes, que propiciam unir a fundamentação teórica e o cotidiano dos discentes, possibilitando assim a construção de significados válidos do ponto de vista científico atual. Como apontado por Gaspar (2014), é importante o papel do professor quanto à condução destas atividades, permitindo que o aluno compreenda melhor a relação entre a teoria, a prática e o cotidiano, o que pode nos indicar que por diversas vezes os experimentos remotos podem ser utilizados como experimentação por investigação. Contudo é de referir que em algumas atividades faz-se necessária a utilização de roteiros ou guias para a execução efetiva do experimento, o que indicaria também a possibilidade da aplicação dos LR como experimentações por verificação.

A título de exemplo, pode-se mencionar o guia didático do REXLAB (2015), referente ao experimento “Condução de Calor em Barras Metálicas”, apresentado na Figura 2, que relaciona o isolamento térmico aos agasalhos de lã, concepção alternativa frequentemente relatada na literatura que mostra como muitas pessoas acreditam que o agasalho realiza a função de aquecimento e não de isolamento.

Figura 2: Agasalho de lã: um bom isolante térmico

II - Os agasalhos de lã dificultam a perda de energia (na forma de calor) do corpo humano para o ambiente, devido ao fato de o ar aprisionado entre suas fibras ser um bom isolante térmico



Fonte: Adaptado de REXLAB (2015)

Como suporte para a utilização correta do experimento há, por exemplo, nos experimentos do RExLab um tutorial descritivo e um vídeo que exemplifica a manipulação das variáveis, assim como demonstrado na Figura 3.

Figura 3: Vídeo e tutorial de utilização do experimento “Plano Inclinado” do RexLab”

| Vídeo  | Tutorial  |
|--|---|
|  | <p>Para utilizar o experimento, siga as seguintes instruções:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ajuste para <math>-20^\circ</math> e envie este ângulo para prender a esfera</li><li>• Selecione um novo ângulo para realizar a experiência</li><li>• Clique em "Enviar"</li><li>• Espere até chegar na posição e então clique em "Soltar"</li><li>• Observe as leituras de tempo na tabela</li><li>• Acompanhe a execução do experimento pelo streaming de vídeo</li></ul> |

Fonte: <http://relle.ufsc.br/labs/7>

No laboratório Telescópios na Escola, mais especificamente no material de apoio “O Céu ao Alcance de Todos”, há diversas perguntas no decorrer do texto que possibilitam fazer com que os discentes discutam e formulem hipóteses sobre a temática, assim como demonstrado na Figura 4, corroborando com Bachelard (2001) que menciona que “todo conhecimento é resposta a uma questão”, o que pode levar ainda a uma reflexão da importância do questionamento durante as atividades experimentais.

Figura 4: Levantamento e testes de hipóteses

**Por quês?**

- Por que os astros giram ao nosso redor?
- Por que percebemos o movimento da Lua entre as estrelas com tanta facilidade?
- Por que o movimento do Sol em relação ao fundo estelar é mais lento que aquele da Lua?
- Por que o movimento dos planetas em relação às estrelas pode ser ainda mais lento?
- Por que as posições das estrelas não mudam umas em relação às outras?

Fonte: (TEIXEIRA, s.d., p.11)

O Guia Didático do experimento de condução e calor em barras metálicas apresenta, como método de assimilação dos conceitos, situações em forma de questões que podem estar presentes no cotidiano dos discentes, conforme apresentado na Figura 5, a problemática se refere à conversão do valor energético de calorias (cal) para Joules (J).

Figura 5: Exercícios de fixação RExLab

1) O termo calorias é muito usado no dia a dia. Boa parte das pessoas ou está contando ou cortando calorias. É a forma de controlar a quantidade de energia adquirida com o consumo do alimento. Uma lata de refrigerante (350 ml) Coca-Cola apresenta valor energético de 137 cal. Qual o correspondente valor em Joules?

Resolução:

$$1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$$

$$137 \text{ cal} \quad x$$

$$1 \text{ x} = 573, 482$$

$$x = 573, 482 \text{ J}$$

Fonte: RExLab, 2016

Durante as análises dos objetos experimentais, dispostas integralmente no Apêndice II, contemplando os treze experimentos operantes, observou-se que nenhum deles necessita de agendamento prévio para utilização, e somente os experimentos disponíveis no laboratório “RLab” solicitam cadastro na plataforma.

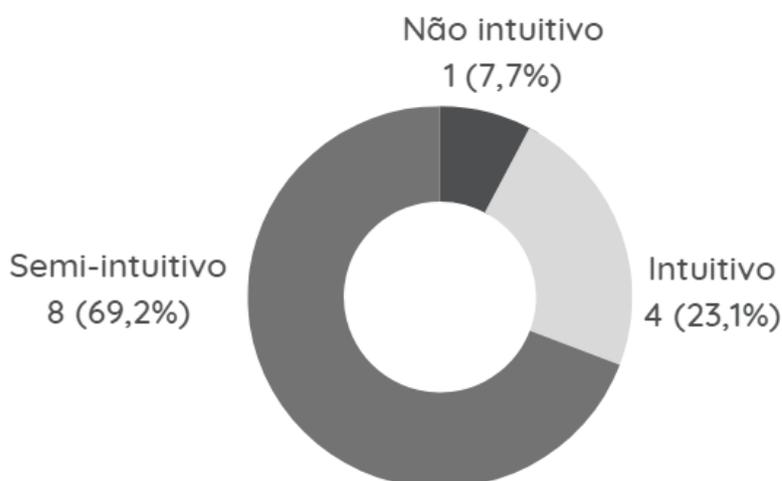
Apenas os experimentos do laboratório “RExLab” possuem indicações da universidade e apoiadores, os demais não possuem referências das instituições que desenvolvem e coordenam as atividades experimentais. Consideramos a representação das instituições envolvidas importante para popularizar e evidenciar as atividades desenvolvidas nas instituições de ensino superior públicas brasileiras.

Acerca das características pedagógicas e dos objetivos das atividades experimentais, constatou-se que nenhum dos experimentos dispõe destas informações de forma clara. Essa carência evidenciada pode inibir a utilização dos objetos experimentais por docentes não formados em Física.

Em contrapartida, cinco objetos experimentais possuem questionamentos ou desafios para o usuário, com a intenção de contribuir com o docente no método avaliativo das atividades desenvolvidas, bem como auxiliar os discentes na construção do conhecimento científico em sala de aula. Além disso, conforme destacado por Barrows e Tamblyn (1980), essas atividades, baseadas em problemas, podem ainda servir como um ponto de partida para o desenvolvimento do trabalho colaborativo entre os discentes.

Ao analisar a interface gráfica utilizada, a fim de observar o grau de usabilidade desta com o usuário, observou-se, a partir do exposto pelo Gráfico 3, que 8, ou cerca de 69%, das interfaces estudadas são semi-intuitivas, sendo então necessária orientação prévia para o manuseio dos experimentos.

Gráfico 3: Análise da interface gráfica dos experimentos quanto ao grau de interação do experimento e usuário.



Fonte: Elaborado pela autora.

A título de exemplo, pode-se mencionar o experimento “Painel Elétrico CC” do laboratório RExLab, apresentado na Figura 6, que permite ao usuário a manipulação dos diversos interruptores existentes no circuito, alterando o acionamento das lâmpadas, a partir da mudança do trajeto a ser percorrido pela corrente contínua, tornando o circuito com associações em série, paralelo ou mista.

Figura 6– Interatividade do experimento “Painel Elétrico CC” a partir da manipulação das variáveis de entrada

| A1     | A2     | A3     | A4     | A5     | A6     | A7     | V1      | V2     |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|
| 0.0 mA | 12.05 V | 0.00 V |

Fonte: <http://relle.ufsc.br/labs/1>

Consideramos o experimento como “intuitivo”, contudo deve-se atentar para a necessidade do conhecimento prévio sobre circuitos elétricos e suas associações para o devido aproveitamento desta experimentação, para que esta não seja realizada a partir de abordagem “tentativa e erro”. É importante que o usuário seja a parte do processo fornecendo os dados de entrada, pois, segundo Flandres (1994, p.172), isso o “obriga a pensar todo o tempo sobre o que está fazendo e ser correspondido e gratificado pelos resultados de seus dados de entrada”.

Quanto ao nível de interatividade do próprio experimento, estruturou-se o Gráfico 4, demonstrando que 7, cerca de 54%, das interfaces estudadas são dialéticas, sendo o aluno o agente que constrói a interação para formular a interatividade desejada.

Gráfico 4: Análise da interatividade do experimento.



Fonte: Elaborado pela autora.

Exemplificando essa constatação, pode-se mencionar o experimento “Hidrostática”, do Laboratório Remoto de Física da UNIFEI, apresentado na Figura 7, que permite ao usuário a manipulação das válvulas de entrada e saída de água, a medição das variáveis pressão, temperatura e altura da coluna d’água.

Figura 7 – Interatividade do experimento “Hidrostática” a partir da manipulação das variáveis de entrada



Fonte: <https://labremoto.unifei.edu.br/src/hidrostatica.php>

Consideramos o experimento com interatividade “dialética”, pois ela permite que o usuário construa a interação desejada e faça as leituras das variáveis de formas

diversificadas. Segundo Delizoicov e Angotti (1994, p.22, *apud* BINSFELD; AUTH, 2011) “As experiências despertam em geral um grande interesse nos alunos, além de propiciar uma situação de investigação[...]”, e, desta forma, possibilitar autonomia do aluno quanto ao seu processo aprendizagem através das práticas experimentais.

Os dados coletados durante a atividade experimental podem ser salvos para realização de análises em softwares em 6, cerca de 46%, dos objetos experimentais, outros 6 (46%) possibilitam apenas a leitura dos dados pela interface e apenas em 1, cerca de 8%, não há possibilidade da medição das variáveis que o experimento apresenta, podendo ser caracterizados, então, como uma atividade puramente demonstrativa.

No Laboratório Remoto de Física da UNIFEI, por exemplo, é possível fazer o *download* de um arquivo com a coleta dos dados para posteriormente analisá-los, assim como demonstrado a Figura 8.

Figura 8 – Opção de *download* dos dados da prática experimental

| Posição (mm) | Tempo (ms) |
|--------------|------------|
| 0.00         | 122        |
| 253.50       | 877        |
| 507.00       | 1444       |
| 761.80       | 1916       |
| 761.80       | 3534       |
| 761.80       | 5146       |

```

26-05-2023 13:49:14GMT-3 panel unlocked
26-05-2023 13:49:14GMT-3 carriage return requested
26-05-2023 13:49:14GMT-3 waiting
26-05-2023 13:49:14GMT-3 returning the carriage
26-05-2023 13:49:14GMT-3 returning the carriage
26-05-2023 13:49:14GMT-3 carriage device has been launched
26-05-2023 13:49:14GMT-3 panel unlocked
26-05-2023 13:49:14GMT-3 changing air rail inclination
26-05-2023 13:49:14GMT-3 Stopped
26-05-2023 13:49:14GMT-3 launch has been requested
26-05-2023 13:49:14GMT-3 waiting
26-05-2023 13:49:14GMT-3 data received
26-05-2023 13:49:14GMT-3 process is completed
26-05-2023 13:49:14GMT-3 panel unlocked
  
```

Informações coletadas em: Sun Mar 26 2023 13:52:42 GMT-0300 (Horário Padrão de Brasília) [Baixar dados](#)

Fonte: <https://labremoto.unifei.edu.br/src/trilho-de-ar.php>

Constatou-se que, de todos os objetos experimentais, apenas os experimentos do laboratório RLab possuem uma linguagem parcialmente acessível, pois todos os comandos encontram-se em inglês, o que pode se tornar uma barreira no processo de aprendizagem das temáticas envolvidas. Todos os demais objetos experimentais analisados possuem linguagens adequadas para utilização em sala de aula no Brasil.

Em relação às plataformas utilizadas pelos laboratórios, constatou-se, a partir do contato com os orientadores dos laboratórios, que 4, aproximadamente 31%, dos objetos experimentais possuem como interface de comunicação a plataforma

Raspberry Pi®<sup>11</sup>, devido à sua alta capacidade de processamento e armazenamento. Os demais experimentos são controlados e disponibilizados para a internet por meio da plataforma Arduino®<sup>12</sup>, que possui baixo custo e boa performance para as funções a serem executadas.

Em síntese, o estudo panorâmico dos laboratórios remotos apontou que associar as metodologias experimentação e TIC pode auxiliar no processo de ensino aprendizagem dos docentes, pois possibilita visualizar de forma prática os fenômenos e conceitos abordados de forma puramente expositiva nas aulas. Referindo a qualidade dos experimentos, não de uma forma absoluta, mas sim como qualidade de projeto, programa, materiais, pode-se declarar que todos os experimentos analisados possuem pontos positivos que corroboram com sua utilização como recurso didático.

Contudo, vale ressaltar ainda a necessidade da capacitação dos docentes e a disponibilização, em sua totalidade, dos materiais de apoio para que os objetivos do processo de ensino aprendizagem de ciências possam ser alcançados. Outro ponto a ser desenvolvido é a possibilidade da interação entre usuários de forma síncrona, para que os experimentos não sejam utilizados apenas de forma demonstrativa.

Por fim, no próximo capítulo apresentamos nossas considerações finais quanto aos resultados desta pesquisa.

---

11 De acordo com a organização Raspberry Pi, trata-se de um computador de mesa que utiliza o sistema operacional Linux. Comparando com um computador convencional, não há nada que o computador de mesa faça que o Raspberry Pi não consiga realizar (Raspberrypi, 2012).

12 Segundo Silva (2019): Uma placa Arduino é uma plataforma eletrônica capaz de ler entradas, como luz em um sensor, câmera, e outras inúmeras atividades como sensores e atuadores. É uma plataforma de código aberto baseada em hardware e software. Tem a função de ser o cérebro de pequenos projetos até instrumentos científicos complexos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como objetivo principal mapear e analisar os laboratórios controlados remotamente brasileiros. Para que este objetivo fosse atingido, a pesquisa foi estruturada a partir de uma abordagem qualitativa e exploratória.

A partir de critérios de análise construídos com o apoio da literatura, a análise dos experimentos controlados remotamente foi realizada a partir das definições de Objetos de Aprendizagem apresentados por Arantes, Miranda e Studart (2010). De posse desses critérios, foram testados os experimentos dos laboratórios em atividade no período da pesquisa.

Com base nos testes realizados, é possível concluir, inicialmente, que o acesso às TIC na educação básica auxilia o ensino “tradicional”, expositivo e centrado na figura do professor, mas pode modernizar as estratégias pedagógicas. É de referir ainda a carência brasileira de políticas públicas que invistam na formação tecnológica dos docentes e na modernização das unidades escolares, necessidade fortemente evidenciada no regime de aulas *on-line* ou híbridas vivenciada pela população mundial entre os anos de 2020 e 2022. Neste período o uso das tecnologias digitais na educação se intensificou e, simultaneamente, as desigualdades entre os estudantes também se ampliaram.

Dessa forma, percebeu-se que a utilização de recursos educativos pode contribuir para um melhor desempenho dos discentes, pois estes poderão ter autonomia no seu próprio processo de aprendizagem, podendo desenvolver a curiosidade e, até mesmo, uma evolução cognitiva. Referindo às instituições de ensino, estas não precisarão investir altos recursos para constituição de um laboratório em suas instalações, sendo necessário apenas bons recursos de informática. Contudo, é importante destacar a necessidade da utilização correta dos aparatos experimentais, para que estes não sejam aplicados com superficialidade e entendidos apenas como um entretenimento.

As dificuldades encontradas durante a realização desta pesquisa devido às complicações causadas pela pandemia do COVID-19, momento este que apresentou diversas incertezas por todo o mundo, impossibilitaram a análise de algumas

atividades experimentais. Mesmo assim, no contato com os orientadores dos laboratórios, alguns se disponibilizaram a comparecer nas instituições para acionar ou corrigir possíveis eventualidades nos aparatos experimentais para que esta pesquisa fosse realizada.

Por fim, espera-se que no futuro, não muito distante, o conhecimento em rede e midiático, possa estar presente em todas as áreas da educação básica do Brasil. Que as escolas possam dispor de ótimos laboratórios de informática com internet e aparelhos adequados para o processo de ensino aprendizagem; que os professores sejam capacitados para ensinar Física; que os laboratórios mencionados nesta pesquisa recebam investimentos; que os projetos antigos possam serem religados e que, muitos outros sejam desenvolvidos e possibilitem, cada vez mais, a universalização da educação.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Alex Rosa, **Objetos de aprendizagem desenvolvidos para o ensino médio: técnicas e conceitos apoiados nos PCNEM**. Tese (Mestrado em Educação Tecnológica). Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET – MG. 2017.

ARANTES, Alessandra R., MIRANDA, Márcio S., STUDART, Nelson. Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do PhET. **Física na Escola**, v. 11, n.1, 2010. Disponível em: <https://bit.ly/2OZXKcS>. Acesso realizado em 08 dez. 2019.

BACHELARD, G. A formação o espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Tradução Esteia dos Santos Abreu – Rio de Janeiro, 1996.

BACHELARD, G. O novo espírito científico. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 2001.

BINSFELD, S. C.; AUTH, M. A. A experimentação no ensino de ciências da educação básica: constatações e desafios. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8., 2011, Campinas.

BRASIL, Orientações Educacionais Complementares ao Parâmetros Curriculares (PCN). Ciências da Natureza e Matemática e suas tecnologias, MEC, 2006.

BRASIL, Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Ciências da Natureza e suas Tecnologias, MEC, 2019.

BARROSO, M. F., RUBINI, G., SILVA, T. Dificuldades na aprendizagem de Física sob a ótica dos resultados do Enem. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, n. 4. 2018.

BARROWS, Howard. S.; TAMBLYN, Robyn. M. **Problem-Based Learning an Approach to Medical Education**. New York: Springer Publishing Company, ed.1, 1980.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n.3: p.291-313, 2002. Disponível em: <https://bit.ly/2AnT613>. Acesso realizado em 13 out. 2019.

BORGES, A. T. Percepção de estudantes sobre desenhos de testes experimentais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n.1: p.71-94, 2005. Disponível em: <https://bit.ly/2MCOOYt>. Acesso realizado em 13 out. 2019.

CAETANO, T. C. Laboratório Remoto de Física da UNIFEI já foi acessado por usuários de mais de 30 países. 2020. Disponível em: <https://bit.ly/3Juswp6>. Acesso realizado em: 12 jan. 2022.

CARDOSO, Dayane Carvalho; TAKAHASHI, Eduardo Kojy. Experimentação remota em atividades de ensino formal: um estudo a partir de periódicos Qualis A. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 11, n. 3, p.185-208, out. 2011. Quadrimestral. Disponível em: <https://bit.ly/3boQyjh>. Acesso realizado em: 15 abr. 2020.

CARNEIRO, M. L. F., SILVEIRA, M. S. Objetos de Aprendizagem como elementos facilitadores na Educação a Distância. **Educar em Revista**, Curitiba, n. 4/2014, p. 235-260, Editora UFPR. Disponível em: <https://bit.ly/3dsFd5J>. Acesso realizado em 25 set. 2020.

CARVALHO, A. M. P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (org.). **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 1-20. Disponível em: <https://bit.ly/3bVPFkW>. Acesso realizado em 18 mar. 2021.

CASTELEINS, V. L. Dificuldades e Benefícios que o docente encontra ao realizar aulas práticas de Química. In: **Congresso Nacional de Educação, EDUCERE**, 10, 2011, Curitiba. Disponível em: <https://bit.ly/2OJPI8o>. Acesso realizado em 10 out. 2019.

COSTA, A. M. e Paulo S.R. Performance de um programa de inteligência artificial baseado em rede semântica e suas possíveis aplicações no ensino de física. Segunda Reunião Especial da SBPC, Cuiabá – MT, **Livro de Resumos**, p. 232, 1995.

COQUIDÉ, M. Um olhar sobre a experimentação na escola primária francesa. **Ensaio**, Belo Horizonte, v. 10, n. 1, p. 1-18, 2008.

Cf. IEEE, IEEE Standard for Learning Object Metadata, Nova York: IEEE, 2002, p. 3.

DE OLIVEIRA, Silvia Sales; NETO, Hermínio Borges; GOMES, Alex Sandro. **Avaliação de Software Educativo para o Ensino de Matemática-O Caso das Estruturas Aditivas**. 2001.

FLANDRES. H. Softwares para álgebra: o que devem ser? In: COXFORD, A. SHULTE, A. (Orgs). **As ideias da Álgebra**. Tradução de Hygino H. Domingues. São Paulo: Atual, 1997. P. 171-174.

INEP, Dados do Censo Escolar Noventa e cinco por cento das escolas de ensino médio têm acesso à internet, mas apenas 44% têm laboratório de ciências, 2019. Disponível em: <https://bit.ly/2ZaklcD>. Acesso realizado em 15 set. 2019.

INEP, Percentual de docentes por grupo do indicador de adequação da formação do docente3 - Brasil, Regiões Geográficas e Unidades da Federação - 2020. Disponível em: <https://bit.ly/2NJlyDX>. Acesso realizado em 22 mar. 2021.

INTUITIVO. In: DICIO, Dicionário Online de Português. Porto: 7Graus, 2020. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/intuitivo/>. Acesso em: 10 jun. 2021.

GASPAR, A. Atividades experimentais no ensino de física. Uma nova visão baseada na teoria de Vigotski. São Paulo: LF Editorial, 2014.

GARCÍA LORO, F. **Evaluación y Aprendizaje en Laboratorios Remotos: Propuesta de un Sistema Automático de Evaluación Formativa Aplicado al Laboratorio Remoto VISIR**. 2018. 405p. Tesis Doctoral. Programa de Doctorado en Tecnologías Industriales. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), Madrid, 2018. Disponível em: <https://bit.ly/3tExFCs>. Acesso realizado em 02 jan. 2021.

GIL, Antônio C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4ª ed. São Paulo. Atlas, 2002.

GODOY, Arilda S. **Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades**. Revista de Administração de Empresas. v. 35, n. 2, p. 57-63. São Paulo, 1995.

GONÇALVES, Antonio Roberto (2003). **O Uso do Laboratório no Ensino de Matemática** – Dissertação de Mestrado. Jacarezinho – PR: FAFIJA.

KRASILCHIK, M. **Prática de ensino de biologia** 4. ed. São Paulo: EDUSP, 2004.

LEAL, M. M.; SILVA, A. T. S.; MENESES, L. S. A utilização do simulador PHET como ferramenta de ensino nas aulas on-line de ciências em uma escola do município de Água Branca – PI. In: VII **Congresso Nacional de Educação – CONEDU**, Maceió – AL, 2020.

LOPES, S. P. M. L. **Laboratório de Acesso Remoto em Física**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física e da Química) Faculdade de Ciências e Tecnologia da

Universidade de Coimbra, Coimbra, 2007. Disponível em: <https://bit.ly/2q3JFkq>. Acesso realizado dia 10 out. 2019.

MATOS, M. G., VALADARES, J. O efeito da actividade experimental na aprendizagem da Ciência pelas crianças do primeiro ciclo do ensino básico. *Investigação em Ensino de Ciências*, v. 6, p. 236, 2001.

MARTINS, C. A. P. S.; NETO, J. R. M.; LIMA, J. F. Laboratório Virtual: Apresentação, conceituação, análise e uma proposta de definição. In: **XXXIII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia**, 2005, Campina Grande - Paraíba. Disponível em: <https://bit.ly/2VoarRW>. Acesso realizado dia 16 abr. 2020.

MIRO-JULIA, J. *Dangers of the Paradigm Shift. Draft Article*. Departament de Matemàtiques i Informàtica. Universitat de les Illes Balears. Espanha, 2001.

MORAES, J. U. P. Experimentos didáticos no ensino de física com foco na aprendizagem significativa. **Aprendizagem significativa em revista**, Rio Grande do Sul, v.4, p. 62. 2014. Disponível em: <https://bit.ly/2WNOVW5>. Acesso realizado dia 09 out. 2019.

NUNES, H. M. **Desenvolvimento e aplicação de um kit experimental com arduíno para o ensino de eletromagnetismo**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) Universidade Federal do Maranhão, Maranhão, 2018. Disponível em: <https://bit.ly/2wUdZ4V>. Acesso realizado dia 09 de out. 2019.

NOGUEIRA, J. S., RINALDI C., FERREIRA J. M., Paulo, S. R. de. "Utilização do computador como instrumento de ensino: uma perspectiva de aprendizagem significativa", **Revista Brasileira do Ensino de Física**, Vol.22 No. 4, dezembro, 2000, p.517-522. Disponível em: <https://bit.ly/2MUwFXw>. Acesso realizado dia 11 out. 2019.

OLIVEIRA, M. T. M. **Didáctica da biologia** Lisboa: Universidade Aberta, 1991.  
PAVANI, A. M. B., LIMA, D. A., TEMPORÃO, G. P., LIMA, V. A. P. **Implantação de um Laboratório Remoto: um Projeto de Múltiplas Facetas**, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://bit.ly/36bRXaB>. Acesso realizado dia 10 out. 2019.

PEIRÓ, P. Acesso à tecnologia: o novo indicador de desigualdade. *El País*, Madri, 2017.

PIERRI, L. D., DORNELES, R. K., MENDONÇA, I. T. M., GRUBER, C. Experimentação remota como estratégia para o ensino híbrido. 24º Seminário Internacional de Educação, Tecnologia e Sociedade: Ensino Híbrido. FACCAT. 2019

RODRIGUEZ, D. A. Cobaias virtuais podem eliminar a necessidade de sacrificar animais para estudos. **Revista Galileu**, 2014.

SILVA, M. O., BELO, V. M., SILVA, K. V. F. D, PORTELA, C. D. P. A. A mobilização por meio da experimentação no ensino de física: um relato de experiência. In: **Congresso Nacional de Educação**, 13, 2017, Curitiba. Formação de professores: contextos, sentidos e práticas. Disponível em: <https://bit.ly/2n2c35p>. Acesso realizado dia 03 set. 2019.

SIMÃO, J. P. S., LIMA J. P. C., ROCHADEL. W., SILVA J. B. **Utilização de Experimentação Remota Móvel no Ensino Médio**. CINTED, Rio Grande do Sul, 2013, Vol.11 No. 1, julho, 2013. Disponível em: <https://bit.ly/2qWH1xB>. Acesso realizado dia 09 out. 2019.

SIMULADOR. In: DICIO, Dicionário Online de Português. Porto: 7Graus, 2020. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/simulador/>. Acesso em: 16 abr. 2020.

SOUZA, Anderson R. de et al. A placa Arduíno: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. **Revista Brasileira de Física**, v. 33, n. 1. 2011.

STUDART, Marcelo Z. N. et al. TIC e ensino de Ciências na educação básica: a construção de um *site* sobre o sistema reprodutor humano. In: **X Congresso internacional sobre investigación en didáctica de las Ciencias**, Sevilla, 2017.

TAHA, M. S. et al. Experimentação como ferramenta pedagógica para o ensino de Ciências. **Revista Experiências em Ensino de Ciências**, v. 11, n. 1, 2016.

TAVARES, R. A importância da atualização do professor, em relação à internet, para a realização do trabalho de pesquisa no colégio estadual de Segredo. **Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE**, v. 2, 2014, Curitiba. Disponível em: <https://bit.ly/2B6DkqL>. Acesso realizado dia 11. out. 2019.

TEIXEIRA, Ramachrisna. O Céu ao Alcance de Todos. Laboratório Remoto: Telescópios na escola. sd. Disponível em: <https://bit.ly/3jDZnwa> Acesso realizado dia 10 jun. 2021

TORI, Romero. Educação sem distância: as tecnologias interativas na redução de distâncias em ensino e aprendizagem / Romero Tori. – São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2010.

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), **RexLab – Laboratório de Experimentação Remota**. Disponível em: <https://rexlab.ufsc.br/>. Acesso realizado dia 11 out. 2019.

*University of Colorado Boulder. PhET Interactive Simulations*. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/). Acesso realizado dia 11 out. 2019.

VELOSO, M. S. S. O., NETO, A. S. A. Panorama do uso de Laboratório Didático em Cursos de Ensino de Física, Modalidade a Distância, no País. **CINTED- Novas Tecnologias na Educação**, v. 12, n. 2, 2014.

WILEY, D. A. Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy. In D. A. Wiley (Ed.), *The Instructional Use of Learning Objects*, 2000. Disponível em: <https://bit.ly/3qQhekO>. Acesso realizado em 07 nov. 2020.

ZANON, D. A. V.; FREITAS, D. A aula de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental: ações que favorecem a sua aprendizagem. **Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, p. 93-103, 2007

## APÊNDICE I – ANÁLISES DOS MATERIAIS DE APOIO

### a) Laboratório de Experimentação Remota – RexLab

| Título do experimento:           |  |  | Meios de Propagação de Calor  | Condução de calor em barras metálicas   | Painel CC  |
|----------------------------------|--|--|---|---|--|
| Categoria                        | Elementos de análise                     | Elemento de análise  | Comentário da análise   |   |  |
| 1.Introdução teórica do fenômeno | 1.1. Base teórica                        | 1.1.1. Há uma discussão da prévia do conceito apresentado  | Sim.  | Sim.  | Sim. É apresentado os tipos de circuitos (série, paralelo e misto) e suas respectivas equações que descrevem a relação entre corrente, resistência e tensão. |
|                                  |  | 1.1.2. Há uma discussão histórica  | É apresentado a história do desenvolvimento do termômetro, a escalas termométricas  | É apresentado a história do desenvolvimento do termômetro, a escalas termométricas  | Não há nenhuma contextualização histórica.   |
|                                  | 1.2. Base pedagógica                     | 1.2.1. Permite a exploração de conhecimentos anteriores, por meio de um contexto conhecido por eles. | Sim, há apresentação de exemplos do cotidiano comum da sociedade. Ex1. equilíbrio térmico a partir da mistura de leite frio com café quente. Ex2. aquecimento de uma panela no fogão. | Sim, há apresentação de exemplos do cotidiano comum da sociedade. Ex1. equilíbrio térmico a partir da mistura de leite frio com café quente. Ex2. aquecimento de uma panela no fogão. | Não há nenhuma contextualização com possíveis vivências e/ou referências dos alunos.   |
| 2.Objetivo do experimento        | 2.1. Fenomenologia                       | 2.1.1. Quais fenômenos físicos são estudados no experimento?   | Temperatura, Escalas Termométricas, Calor e condução térmica  | Temperatura, Escalas Termométricas, Calor e condução térmica  | Corrente contínua, associação de resistores em série, paralelo e misto, análise de corrente, tensão e resistência  |
|                                  | 2.2. Aprendizagem dos conceitos          | 2.2.1. O objetivo do experimento está claro para o usuário   | Sim.  | Sim.  | Sim.   |
| 3. Procedimento                  | 3.1. Materiais                           | 3.1.1. Há apresentação dos materiais utilizados no experimento                                       | Há uma breve apresentação sobre os materiais utilizados, no "Manual Técnico" os materiais são apresentados com suas especificidades de forma completa.                                | Há uma breve apresentação sobre os materiais utilizados, no "Manual Técnico" os materiais são apresentados com suas especificidades de forma completa.                                | Há uma breve apresentação sobre os materiais utilizados, no "Manual Técnico" os materiais são apresentados com suas especificidades de forma completa.       |
|                                  | 3.2. Métodos                             | 3.2.1. Há explicação sobre como utilizar a plataforma corretamente                                   | Há explicação sobre a utilização da plataforma apenas no <i>site</i>  | Há explicação sobre a utilização da plataforma apenas no <i>site</i>  | Há explicação sobre a utilização da plataforma apenas no <i>site</i>   |
|                                  |  | 3.2.2. Há uma explicação clara sobre como realizar o experimento                                     | Sim, há um procedimento exemplificado, com detalhes das etapas que devem ser executadas.  | Sim, há um procedimento exemplificado, com detalhes das etapas que devem ser executadas.  | Sim, há um procedimento exemplificado, com detalhes das etapas que devem ser executadas.   |
| 4. Resultados e discussões       | 4.1. Levantamento e testes das hipóteses | 4.1.1. Os estudantes são solicitados a levantar suas hipóteses.                                      | Sim. No Plano de aula proposto há menção de possíveis questionamentos sobre o fenômeno observado.   | Sim. No Plano de aula proposto há menção de possíveis questionamentos sobre o fenômeno observado.   | Não.   |
|                                  |  | 4.1.2. Há questões do tipo: Qual a solução para esse problema? O que pode ter acontecido?            | Há diversas questões retiradas de vestibulares nacionais sobre a temática abordada.   | Há diversas questões retiradas de vestibulares nacionais sobre a temática abordada.   | Há apenas duas questões solicitando uma explicação do aluno sobre os valores da corrente e tensão.   |

|  |                                  |  |   |   |   |
|--|----------------------------------|--|---|---|---|
|  |                                  | 4.1.3. Os estudantes são solicitados a propor um experimento para testar suas hipóteses.   | Não.  | Não.  | Não.  |
|  |                                  | 4.1.4. Há questões do tipo: Como vocês vão resolver esse problema? Como verificar se suas ideias iniciais estão corretas ou não? | Não há nenhuma problemática apresentada no experimento, apenas a abordagem do fenômeno em diferentes materiais.   | Não há nenhuma problemática apresentada no experimento, apenas a abordagem do fenômeno em diferentes materiais.   | Não há nenhum questionamento proposto sobre o experimento   |
|  | 4.2. Discussões                  | 3.1.1. Os estudantes possuem um momento para discutir entre si e com o professor   | Há dois planos de aula no "Guia didático", um deles possui diversos questionamentos sugeridos com o intuito de realizar a ruptura de conceitos prévios errôneos do aluno.           | Há dois planos de aula no "Guia didático", um deles possui diversos questionamentos sugeridos com o intuito de realizar a ruptura de conceitos prévios errôneos do aluno.           | No "Guia Didático" analisado, não há nenhuma proposta de discussão entre os usuários.   |
|  | 4.1. Apresentação dos resultados | 4.1.1. Apresenta atividades para que os estudantes resolvam individualmente  | Para este experimento é sugerido apenas perguntas teóricas, as quais podem ser feitas de forma individual ou em grupo para possibilitar discussões sobre as percepções individuais. | Para este experimento é sugerido apenas perguntas teóricas, as quais podem ser feitas de forma individual ou em grupo para possibilitar discussões sobre as percepções individuais. | Sim, há a proposta de desenho dos circuitos, cálculo das resistências equivalentes, corrente e tensão   |
|  |                                  | 4.1.2. Há solicitações do tipo: Escreva um texto sobre o que você aprendeu. Faça um relatório.                                   | Não está explícita a indicação de um relatório, porém a partir do que é apresentado no tópico 4.1.1, induz que o aluno deva estruturar as informações coletadas e compreendê-las.   | Não está explícita a indicação de um relatório, porém a partir do que é apresentado no tópico 4.1.1, induz que o aluno deva estruturar as informações coletadas e compreendê-las.   | Não está explícita a indicação de um relatório, porém como apresentado no tópico 4.1.1 é solicitado ao usuário o desenho do circuito e alguns cálculos, o que de certa forma induz que o aluno deva estruturar as informações coletadas e compreendê-las. |

**b) Laboratório Didático Remoto de Física**

| Título do experimento:   |  |   | Curva de Luz  |
|--|--|---|---|
| Categoria  | Elementos de análise                     | Elemento de análise   | Comentário de Análise   |
| 1.Introdução teórica do fenômeno   | 1.1. Base teórica                        | 1.1.1. Há uma discussão da prévia do conceito apresentado   | No estudo dirigido é proposta diversas perguntas sobre as estrelas e os planetas e um vídeo de apoio teórico. (Ponto negativo – usado referência Wikipédia) |
|  |  | 1.1.2. Há uma discussão histórica   | Não   |
|  | 1.2. Base pedagógica                     | 1.2.1. Permite a exploração de conhecimentos anteriores, por meio de um contexto conhecido por eles.  | Não   |
| 2.Objetivo do experimento  | 2.1. Fenomenologia                       | 2.1.1. Quais fenômenos físicos são estudados no experimento?  | Período de pulsação da fonte luminosa, curvatura da luz.  |
|  | 2.2. Aprendizagem dos conceitos          | 2.2.1. O objetivo do experimento está claro para o usuário  | Não   |
| 3. Procedimento  | 3.1. Materiais                           | 3.1.1. Há apresentação dos materiais utilizados no experimento  | Não   |
|  | 3.2. Métodos                             | 3.2.1. Há explicação sobre como utilizar a plataforma corretamente  | Sim, no roteiro experimental  |
|  |  | 3.2.2. Há uma explicação clara sobre como realizar o experimento  | Sim, no roteiro experimental  |
| 4. Resultados e discussões   | 4.1. Levantamento e testes das hipóteses | 4.1.1. Os estudantes são solicitados a levantar suas hipóteses.   | Sim, no estudo dirigido.  |
|  |  | 4.1.2. Há questões do tipo: Qual a solução para esse problema? O que pode ter acontecido?   | No estudo dirigido há perguntas que possibilitam ao estudante / usuário sobre as possíveis explicações do fenômeno.   |
|  |  | 4.1.3. Os estudantes são solicitados a propor um experimento para testar suas hipóteses.  | Sim, no estudo dirigido.  |
|  |  | 4.1.4. Há questões do tipo: Como vocês vão resolver esse problema? Como verificar se suas ideias iniciais estão corretas ou não?                          | No estudo dirigido há perguntas que possibilitam ao estudante / usuário sobre as possíveis explicações do fenômeno.   |
|  | 4.2. Discussões                          | 4.1.1. Os estudantes possuem um momento para discutir entre si e com o professor  | Não está claro o momento de discussão, porém no estudo dirigido há questões sobre as possibilidades dos fenômenos.  |
|  | 4.1. Apresentação dos resultados         | 4.1.1. Apresenta atividades para que os estudantes resolvam individualmente   | Sim, no estudo dirigido.  |
| 4.1.2. Há solicitações do tipo: Escreva um texto sobre o que você aprendeu. Faça um relatório. |  | Sim, no roteiro experimental é apresentado ao aluno como gerar os gráficos no SciDavis para analisar os dados coletados durante a atividade experimental. |   |

c) Telescópios na Escola - TnE

| Título do experimento:           |  |  | O Céu ao Alcance de Todos   | Medindo a Distância da Supernova 1987A  |
|----------------------------------|--|--|---|---|
| Categoria                        | Elementos de análise                     | Elemento de análise  | Comentário da análise   |   |
| 1.Introdução teórica do fenômeno | 1.1. Base teórica                        | 1.1.1. Há uma discussão da prévia do conceito apresentado  | Sim, há, por exemplo, uma menção: “as galáxias não estão se afastando de nós, elas afastam-se umas das outras em consequência do crescimento do espaço entre elas, em consequência da expansão do Universo”   | Sim   |
|                                  |  | 1.1.2. Há uma discussão histórica  | Sim, há, por exemplo, uma menção “São essas observações que deram origem, que sustentaram e que continuam sustentando, uma das mais belas páginas do conhecimento humano, o conhecimento astronômico.”  | Sim, há uma contextualização histórica de como foi descoberta a Supernova 1987A   |
|                                  | 1.2. Base pedagógica                     | 1.2.1. Permite a exploração de conhecimentos anteriores, por meio de um contexto conhecido por eles. | Sim, no roteiro há o seguinte trecho: “Tudo se passa como se estivéssemos em uma das ameixas de um bolo que está no forno. À medida que o bolo cresce as ameixas se afastam mutuamente e não importa em qual ameixa estejamos, veremos as outras se afastarem com velocidades tanto maiores quanto maiores forem suas distâncias. Não, não estamos no centro, o Universo não tem centro.” | Não   |
| 2.Objetivo do experimento        | 2.1. Fenomenologia                       | 2.1.1. Quais fenômenos físicos são estudados no experimento?   |   | Velocidade da luz, idade e distância da estrela (supernova)   |
|                                  | 2.2. Aprendizagem dos conceitos          | 2.2.1. O objetivo do experimento está claro para o usuário   | Não   | Sim   |
| 3. Procedimento                  | 3.1. Materiais                           | 3.1.1. Há apresentação dos materiais utilizados no experimento                                       | Não   | Não   |
|                                  | 3.2. Métodos                             | 3.2.1. Há explicação sobre como utilizar a plataforma corretamente                                   | Não   | Não   |
|                                  |  | 3.2.2. Há uma explicação clara sobre como realizar o experimento                                     | Não   | Há apenas uma explicação de como realizar os cálculos de análise  |
| 4. Resultados e discussões       | 4.1. Levantamento e testes das hipóteses | 4.1.1. Os estudantes são solicitados a levantar suas hipóteses.                                      | Sim, no roteiro há diversas perguntas no decorrer do texto, como por exemplo: “Por que as posições das estrelas não mudam umas em relação às outras?”   | Sim, no roteiro existe, por exemplo o seguinte questionamento: “Você é capaz de pensar em algumas razões pelas quais seus resultados diferem dos cientistas?” |
|                                  |  | 4.1.2. Há questões do tipo: Qual a solução para esse problema? O que pode ter acontecido?            | Não   | Sim, quando há uma explanação dos erros encontrados nos cálculos  |

|  |                                  |  |     |  |
|--|----------------------------------|--|-----|--|
|  |                                  | 4.1.3. Os estudantes são solicitados a propor um experimento para testar suas hipóteses.   | Não | Não                                    |
|  |                                  | 4.1.4. Há questões do tipo: Como vocês vão resolver esse problema? Como verificar se suas ideias iniciais estão corretas ou não? | Não | Sim                                    |
|  | 4.2. Discussões                  | 3.1.1. Os estudantes possuem um momento para discutir entre si e com o professor   | Não | Não                                    |
|  | 4.1. Apresentação dos resultados | 4.1.1. Apresenta atividades para que os estudantes resolvam individualmente  | Não | Sim, há 6 tarefas propostas no roteiro |
|  |                                  | 4.1.2. Há solicitações do tipo: Escreva um texto sobre o que você aprendeu. Faça um relatório.                                   | Não | Não                                    |

d) RLab

| Laboratório analisado            |  |  | RLab   |                     |
|----------------------------------|--|--|--|---------------------|
| Título do experimento:           |  |  | Calorimetria   | Circuitos Elétricos |
| Categoria                        | Elementos de análise                     | Elemento de análise  | Comentário da análise  |                     |
| 1.Introdução teórica do fenômeno | 1.1. Base teórica                        | 1.1.1. Há uma discussão da prévia do conceito apresentado  | Sim  | Não                 |
|                                  |  | 1.1.2. Há uma discussão histórica  | Não há nenhuma contextualização histórica sobre o fenômeno, experimentos e/ou cientistas que estudaram o assunto abordado. |                     |
|                                  | 1.2. Base pedagógica                     | 1.2.1. Permite a exploração de conhecimentos anteriores, por meio de um contexto conhecido por eles.                             | Não  | Não                 |
| 2.Objetivo do experimento        | 2.1. Fenomenologia                       | 2.1.1. Quais fenômenos físicos são estudados no experimento?   | Calorimetria: capacidade térmica, calor, calor específico da água e óleo de soja   |                     |
|                                  | 2.2. Aprendizagem dos conceitos          | 2.2.1. O objetivo do experimento está claro para o usuário   | Sim  | Sim                 |
| 3. Procedimento                  | 3.1. Materiais                           | 3.1.1. Há apresentação dos materiais utilizados no experimento   | Sim  | Sim                 |
|                                  | 3.2. Métodos                             | 3.2.1. Há explicação sobre como utilizar a plataforma corretamente   | Sim  | Sim                 |
|                                  |  | 3.2.2. Há uma explicação clara sobre como realizar o experimento   | Sim  | Sim                 |
| 4. Resultados e discussões       | 4.1. Levantamento e testes das hipóteses | 4.1.1. Os estudantes são solicitados a levantar suas hipóteses.  | Não  | Não                 |
|                                  |  | 4.1.2. Há questões do tipo: Qual a solução para esse problema? O que pode ter acontecido?  | Não  | Não                 |
|                                  |  | 4.1.3. Os estudantes são solicitados a propor um experimento para testar suas hipóteses.   | Não  | Não                 |
|                                  |  | 4.1.4. Há questões do tipo: Como vocês vão resolver esse problema? Como verificar se suas ideias iniciais estão corretas ou não? | Não  | Não                 |
|                                  | 4.2. Discussões                          | 3.1.1. Os estudantes possuem um momento para discutir entre si e com o professor   | Não  | Não                 |
|                                  | 4.1. Apresentação dos resultados         | 4.1.1. Apresenta atividades para que os estudantes resolvam individualmente  | Não  | Não                 |
|                                  |  | 4.1.2. Há solicitações do tipo: Escreva um texto sobre o que você aprendeu. Faça um relatório.                                   | Não  | Não                 |

## APÊNDICE II - ANÁLISES DOS EXPERIMENTOS

### a) Laboratório de Experimentação Remota – RexLab

| Título do experimento:  |                       |  | Meios de Propagação de Calor                                       | Painel CC  | Painel CA  | Luminotécnica  |
|---|-----------------------|--|--|--|--|--|
| Categoria   | Elementos de análise  | Elemento de análise  | Comentário da análise  |  |  |  |
| Técnica   | 1.Acessibilidade      | 1.1. Há necessidade de agendamento prévio para utilização da plataforma?   | Não  | Não  | Não  | Não  |
|   |                       | 1.2. Possibilita acesso simultâneo pelos usuários?   | Não  | Não  | Não  | Não  |
|   |                       | 1.3. Precisa de algum cadastro para acessar o experimento?   | Não  | Não  | Não  | Não  |
|   | 2.Metadados           | 2.1. Há indicativo das referências do experimento (Exemplo: título, autores, colaboradores, tema, palavras-chave, versão, localização, licença e propriedade intelectual)? | Há somente a indicação da instituição e dos apoiadores financeiros | Há somente a indicação da instituição e dos apoiadores financeiros   | Há somente a indicação da instituição e dos apoiadores financeiros | Há somente a indicação da instituição e dos apoiadores financeiros                                     |
|   |                       | 2.2. Estão apresentadas as características pedagógicas relacionadas ao uso e também ao objetivo de aprendizagem?   | Não  | Não  | Não  | Não  |
|   |                       | 2.3. Essas informações estão claras para o usuário?  | Não  | Não  | Não  | Não  |
|   | 3. Interoperabilidade | 3.1. Há possibilidade de serem utilizados tanto no computador quanto smartphones, tablets ou afins?  | Sim  | Sim  | Sim  | Sim  |
|   | 4. Flexibilidade      | 4.1. Há possibilidade de abordar mais de um fenômeno na utilização do experimento? Quais?  | Não  | Sim, tensão, corrente, resistência, circuitos em série e em paralelo | Circuitos em paralelo e série                                      | Sim, circuitos em série e em paralelo, carga e descarga de um capacitor, células fotovoltaicas, tensão |
|   |                       | 4.2. Há possibilidade de utilizar os OA fora da sala de aula? (Exemplo: palestras e lições de casa)  | Sim  | Sim  | Sim  | Sim  |
|   | 5. Reusabilidade      | 5.1. O OA pode ser acessado e reutilizado?   | Sim  | Sim  | Sim  | Sim  |
| 5.2. Há possibilidade de utilizar o OA por um longo período mesmo com o avanço tecnológico? |                       | Sim  | Sim  | Sim  | Sim  |  |

|            |                     |   |  |   |  |  |
|------------|---------------------|---|--|---|--|--|
| Conceitual | 6. Interatividade   | 6.1. A interface gráfica possibilita a interação do aluno com o experimento em qual nível (não intuitivo, semi-intuitivo, intuitivo)?           | Intuitiva  | Intuitivo, desde que o usuário já possua conhecimentos prévios sobre circuitos elétricos.   | Intuitivo, desde que o usuário já possua conhecimentos prévios sobre circuitos elétricos.  | Intuitivo, desde que o usuário já possua conhecimentos prévios sobre circuitos elétricos.  |
|            |                     | 6.2. Qual o nível de interatividade o experimento possui (nenhuma interatividade, interatividade autoritária, dialética, dialógica, sinérgica)? | Dialógica e/ou Sinérgica, dependendo de como o docente irá estruturar as interações entre os alunos e o experimento.                 | Dialógica e/ou Sinérgica, dependendo de como o docente irá estruturar as interações entre os alunos e o experimento.                                | Dialógica e/ou Sinérgica, dependendo de como o docente irá estruturar as interações entre os alunos e o experimento.   | Dialógica e/ou Sinérgica, dependendo de como o docente irá estruturar as interações entre os alunos e o experimento.   |
|            | 7. Apoio ao docente | 7.1. Há materiais de apoio teórico para aplicação do experimento (Roteiro, vídeos explicativos, textos base)?                                   | Sim, há um vídeo explicativo mostrando a utilização do experimento e um guia didático para o docente.                                | Sim, há um vídeo explicativo mostrando a utilização do experimento e um guia didático para o docente.   | Sim, há somente um vídeo explicativo mostrando a utilização do experimento.  | Sim, há somente um vídeo explicativo mostrando a utilização do experimento.  |
|            |                     | 7.2. Há materiais de apoio avaliativo (Lista quiz, formulários)?  | Não  | Não   | Não  | Não  |
|            | 8. Usabilidade      | 8.1. Os usuários podem ter interpretações diferentes do experimento?  | Não  | Não   | Não  | Não  |
|            |                     | 8.2. Quantas repetições deverão ser realizadas para uma análise completa?   | No mínimo duas   | No mínimo duas: uma para analisar o circuito em série e outra para analisar o circuito em paralelo  | No mínimo duas: uma para analisar o circuito em série e outra para analisar o circuito em paralelo   | No mínimo três, uma para analisar o circuito em série, outra para analisar o circuito em paralelo e uma última para analisar a carga e descarga do capacitor |
|            |                     | 8.3. Como é feita a demonstração dos dados obtidos?   | Há possibilidade de gerar um relatório para análise mais profunda em outro software que o docente deseja (pacote office por exemplo) | Há somente a apresentação do circuito formado e dos valores de tensão e corrente no painel, não há nenhum compilado de dados para posterior análise | Há somente a apresentação do circuito formado, não há nenhum compilado de dados para posterior análise, nem a apresentação dos valores de tensão e corrente do circuito. | Após análise, com o tempo da amostra pré-determinada pelo usuário, há a plotagem de um gráfico referenciando a tensão (V) x tempo (s)                        |
|            |                     | 8.4. A linguagem utilizada é acessível?   | Sim  | Sim   | Sim  | Sim  |

**b) Laboratório Didático Remoto de Física**

| Título do experimento:  |                       |  | Trilho de ar   | Ondas estacionárias      | Óptica                   | Hidrostática  | Acústica  | Curva de luz                               | Termometria              |
|---|-----------------------|--|--|--------------------------|--------------------------|---|---|--|--------------------------|
| Categoria   | Elementos de análise  | Elemento de análise  | Comentário da análise                                      |                          |                          |   |   |  |                          |
| Técnica   | 1.Acessibilidade      | 1.1. Há necessidade de agendamento prévio para utilização da plataforma?   | Não  | Não                      | Não                      | Não   | Não   | Não  | Não                      |
|   |                       | 1.2. Possibilita acesso simultâneo pelos usuários?   | Não  | Não                      | Não                      | Não, inclusive quando estiver sendo utilizado o experimento de acústica, não é possível utilizar o experimento. | Não, inclusive quando estiver sendo utilizado o experimento de hidrostática, não é possível utilizar o experimento. | Não  | Não                      |
|   |                       | 1.3. Precisa de algum cadastro para acessar o experimento?   | Não  | Não                      | Não                      | Não   | Não   | Não  | Não                      |
|   | 2.Metadados           | 2.1. Há indicativo das referências do experimento (Exemplo: título, autores, colaboradores, tema, palavras-chave, versão, localização, licença e propriedade intelectual)? | Não  | Não                      | Não                      | Não   | Não   | Não  | Não                      |
|   |                       | 2.2. Estão apresentadas as características pedagógicas relacionadas ao uso e também ao objetivo de aprendizagem?   | Não  | Não                      | Não                      | Não   | Não   | Não  | Não                      |
|   |                       | 2.3. Essas informações estão claras para o usuário?  | Não  | Não                      | Não                      | Não   | Não   | Não  | Não                      |
|   | 3. Interoperabilidade | 3.1. Há possibilidade de serem utilizados tanto no computador quanto smartphones, tablets ou afins?  | Sim  | Sim                      | Sim                      | Sim   | Sim   | Sim  | Sim                      |
|   | 4. Flexibilidade      | 4.1. Há possibilidade de abordar mais de um fenômeno na utilização do experimento? Quais?  | Sim, movimento retilíneo uniforme, velocidade, aceleração, | Não                      | Não                      | Sim, Vazão, pressão   | Não   | Curvatura da luz, magnitude de uma lâmpada | Não                      |
|   |                       | 4.2. Há possibilidade de utilizar os OA fora da sala de aula? (Exemplo: palestras e lições de casa)  | Sim  | Sim                      | Sim                      | Sim   | Sim   | Sim  | Sim                      |
|   | 5. Reusabilidade      | 5.1. O OA pode ser acessado e reutilizado?   | Sim  | Sim                      | Sim                      | Sim   | Sim   | Sim  | Sim                      |
| 5.2. Há possibilidade de utilizar o OA por um longo período mesmo com o avanço tecnológico? |                       | Sim  | Sim  | Sim                      | Sim                      | Sim   | Sim   | Sim  |                          |
| Conceitual  | 6. Interatividade     | 6.1. A interface gráfica possibilita a interação do aluno com o experimento em qual nível (não intuitivo, semi-intuitivo, intuitivo)?                                      | Semi-intuitivo   | Semi-intuitivo           | Semi-intuitivo           | Semi-intuitivo  | Semi-intuitivo  | Não intuitivo                              | Semi-intuitivo           |
|   |                       | 6.2. Qual o nível de interatividade o experimento possui (nenhuma interatividade, interatividade autoritária, dialética, dialógica, sinérgica)?                            | Interatividade dialética                                   | Interatividade dialética | Interatividade dialética | Interatividade dialética  | Interatividade dialética  | Interatividade dialética                   | Interatividade dialética |

|  |                     |   |   |  |  |  |  |   |   |
|--|---------------------|---|---|--|--|--|--|---|---|
|  | 7. Apoio ao docente | 7.1. Há materiais de apoio teórico para aplicação do experimento (Roteiro, vídeos explicativos, textos base)? | Não   | Não  | Não  | Não  | Não  | Sim   | Não   |
|  |                     | 7.2. Há materiais de apoio avaliativo (Lista quiz, formulários)?  | Há alguns questionamentos / desafios que aparecem na tela durante a utilização do experimento.                            | Não  | Não  | Há alguns questionamentos / desafios que aparecem na tela durante a utilização do experimento.   | Há alguns questionamentos / desafios que aparecem na tela durante a utilização do experimento. | Não   | Não   |
|  | 8. Usabilidade      | 8.1. Os usuários podem ter interpretações diferentes do experimento?  | Não   | Não  | Não  | Não  | Não  | Sim   | Não   |
|  |                     | 8.2. Quantas repetições deverão ser realizadas para uma análise completa?                                     | Uma   | Duas   | Uma  | Uma  | Uma  | Uma   | Uma   |
|  |                     | 8.3. Como é feita a demonstração dos dados obtidos?   | Os dados coletados são disponibilizados em uma tabela que o aluno pode baixar e utilizá-la em algum aplicativo de análise | Unicamente pela observação da régua graduada pela câmera | Não há possibilidade de medição das distâncias entre as fendas | Há apenas a demonstração dos valores pressão, altura e temperatura ambiente. O usuário deve anotar as medidas a cada leitura pois não há possibilidade de baixar os dados lidos. | A demonstração da detecção de harmônicas dá-se apenas visualmente, acendendo um LED            | Os dados coletados são disponibilizados em uma tabela que o aluno pode baixar e utilizá-la em algum aplicativo de análise | Os dados coletados são disponibilizados em uma tabela que o aluno pode baixar e utilizá-la em algum aplicativo de análise |
|  |                     | 8.4. A linguagem utilizada é acessível?   | Sim   | Sim  | Sim  | Sim  | Sim  | Sim   | Sim   |

c) RLab

| Título do experimento:  |                       |  | Calorimetria   | Circuitos elétricos      |
|---|-----------------------|--|--|--------------------------|
| Categoria   | Elementos de análise  | Elemento de análise  | Comentário da análise  |                          |
| Técnica   | 1.Acessibilidade      | 1.1. Há necessidade de agendamento prévio para utilização da plataforma?   | Não  | Não                      |
|   |                       | 1.2. Possibilita acesso simultâneo pelos usuários?   | Não  | Não                      |
|   |                       | 1.3. Precisa de algum cadastro para acessar o experimento?   | Não  | Não                      |
|   | 2.Metadados           | 2.1. Há indicativo das referências do experimento (Exemplo: título, autores, colaboradores, tema, palavras-chave, versão, localização, licença e propriedade intelectual)? | Não  | Não                      |
|   |                       | 2.2. Estão apresentadas as características pedagógicas relacionadas ao uso e também ao objetivo de aprendizagem?   | Não  | Não                      |
|   |                       | 2.3. Essas informações estão claras para o usuário?  | Não  | Não                      |
|   | 3. Interoperabilidade | 3.1. Há possibilidade de serem utilizados tanto no computador quanto smartphones, tablets ou afins?  | Sim  | Sim                      |
|   | 4. Flexibilidade      | 4.1. Há possibilidade de abordar mais de um fenômeno na utilização do experimento? Quais?  | Sim, movimento retilíneo uniforme, velocidade, aceleração,                                     | Não                      |
|   |                       | 4.2. Há possibilidade de utilizar os OA fora da sala de aula? (Exemplo: palestras e lições de casa)  | Sim  | Sim                      |
|   | 5. Reusabilidade      | 5.1. O OA pode ser acessado e reutilizado?   | Sim  | Sim                      |
| 5.2. Há possibilidade de utilizar o OA por um longo período mesmo com o avanço tecnológico? |                       | Sim  | Sim  |                          |
| Conceitual  | 6. Interatividade     | 6.1. A interface gráfica possibilita a interação do aluno com o experimento em qual nível (não intuitivo, semi-intuitivo, intuitivo)?                                      | Semi-intuitivo   | Semi-intuitivo           |
|   |                       | 6.2. Qual o nível de interatividade o experimento possui (nenhuma interatividade, interatividade autoritária, dialética, dialógica, sinérgica)?                            | Interatividade dialógica   | Interatividade dialógica |
|   | 7. Apoio ao docente   | 7.1. Há materiais de apoio teórico para aplicação do experimento (Roteiro, vídeos explicativos, textos base)?  | Não  | Não                      |
|   |                       | 7.2. Há materiais de apoio avaliativo (Lista quiz, formulários)?   | Há alguns questionamentos / desafios que aparecem na tela durante a utilização do experimento. | Não                      |

|  |                |   |   |  |
|--|----------------|---|---|--|
|  | 8. Usabilidade | 8.1. Os usuários podem ter interpretações diferentes do experimento?      | Não   | Não  |
|  |                | 8.2. Quantas repetições deverão ser realizadas para uma análise completa? | Uma   | Duas   |
|  |                | 8.3. Como é feita a demonstração dos dados obtidos?                       | Os dados coletados são disponibilizados em uma tabela que o aluno pode baixar e utilizá-la em algum aplicativo de análise | Unicamente pela observação da régua graduada pela câmera |
|  |                | 8.4. A linguagem utilizada é acessível?                                   | Sim   | Sim  |