INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO: teoria & prática Porto Alegre, v.22, n.2, maio./ago. 2019. ISSN digital 1982-1654
ISSN impresso 1516-084X

Uso de Laboratórios Remotos na educação a distância no Brasil: uma revisão sistemática

The Use of Remote Laboratories and e-learning in Brazil: a systematic review

CARINNA NUNES TULHA
Universidade Estadual de Campinas

MARCO ANTONIO GARCIA DE CARVALHO
Universidade Estadual de Campinas

VITOR RAFAEL COLUCI
Universidade Estadual de Campinas

Resumo: Laboratórios remotos são ferramentas computacionais de apoio à educação consolidadas na literatura. Esta ferramenta possibilita a realização de atividades práticas via Internet. Neste trabalho, realizou-se uma revisão sistemática visando verificar o estado da arte da utilização dos laboratórios remotos na educação brasileira. Baseado em um protocolo de realização de revisão sistemática elaborado especialmente para a área de ciência de computação, o levantamento de estudos foi realizado em bases interdisciplinares de dados, devido ao caráter educacional e computacional da pesquisa. O levantamento inicial resultou em 157 artigos e após um processo de seleção e extração foram analisados 23 artigos. Os artigos analisados foram organizados em três grupos, de acordo com as seguintes categorias: *(i)* foco principal; *(ii)* disciplina STEM (acrônimo em inglês para Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática); e *(iii)* nível de ensino. Os experimentos remotos encontrados nesta revisão sistemática são todos voltados às disciplinas da área de STEM. Também foi possível notar que, apesar de adaptáveis a diferentes níveis educacionais, há tendência de aplicação desta ferramenta no ensino superior.
Palavras-chave: Experimentação Remota. Ambientes Virtuais de Aprendizagem. EaD. STEM.

Abstract: Remote laboratories are computational support tools for education consolidated in the literature. This makes possible the accomplishment of scientific activities through the Internet. In this work, a systematic review was carried out to verify the state of the art of the use of remote laboratories in Brazilian education. Based on a systematic review protocol designed especially for the area of computer science, the study was conducted on interdisciplinary databases, due to the educational and computational character of the research. The initial survey resulted in 157 articles and after selection and extraction, 23 articles were analyzed. The articles analyzed were organized into three groups, according to the following categories: (i) main focus; (ii) discipline STEM (English acronym for Science, Technology, Engineering, and Mathematics); and (iii) educational level. The remote experiments found in this systematic review are all focused on STEM disciplines. It was also noted that, although adaptable to different educational levels, there is a tendency to apply this tool in higher education.
Keywords: Remote Experimentation. Learning Environment. e-Learning. STEM.

TULHA, Carinna N.; CARVALHO, Marco Antonio G.; COLUCI, Vitor Rafael. **Uso de Laboratórios Remotos no Brasil: uma revisão sistemática**. Informática na Educação: teoria e prática, Porto Alegre, v. 22, n. 2, p. 195-209, maio./ago. 2019.

1 Introdução

A educação a distância (EaD) fornece meios de ensino em massa de modo gradual e reestruturado (Peters, 1993). Na era do conhecimento, as Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) privilegiam a transmissão de dados possibilitando novos processos de aprendizagem a distância (Moran, 2000). Se anteriormente a EaD era realizada por meio de correspondência ou mídias como, por exemplo, rádio e televisão, atualmente, os Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs) se apresentam como ferramentas mediadoras do ensino. Os AVAs permitem a utilização de diversos objetos de aprendizagem, além da personalização de diferentes cursos em uma mesma plataforma (Yonezawa, 2001).

Existem diversas TICs de apoio à aprendizagem a distância, como é o caso do Moodle (acrônimo em inglês para Ambiente de Aprendizagem Dinâmico Modular Orientado a Objetos). Desenvolvido em 2002, o Moodle é uma ferramenta consolidada na literatura e, possuindo licença gratuita, é a escolha de muitos pesquisadores e universidades como ambiente de apoio ao ensino. Baseada na metodologia construtivista, o Moodle permite a criação de ambientes colaborativos, além da inclusão de *plugins* que flexibilizam, personalizam e expandem suas possibilidades de uso. O desenvolvimento de plataformas de cursos *online* e massivos se manifestou como uma recente tendência. Conhecidos como MOOCs (acrônimo em inglês para Cursos Massivos Abertos *Online*), normalmente estes cursos não possuem pré-requisitos para sua realização e atendem a todo o tipo de perfil de usuário.

No Brasil é possível verificar a prática de EaD desde 1941, com cursos por correspondência pelo Instituto Universal Brasileiro (Maio, 2005). Atualmente, a Lei Federal nº 9.394 de 1996[1], Art. 80, determina que o Poder Público deve incentivar o desenvolvimento de programas a distância em todas as modalidades de ensino. O modelo de educação a distância possui cada vez mais destaque na disponibilização de cursos superiores. De acordo com pesquisa realizada pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP)[2], divulgada em 2017, aproximadamente 73% dos cursos a distância são do setor privado, tendo crescimento de quase 24% de ingressos nos últimos 8 anos (ABMES, 2017). Ainda nesta pesquisa, podemos verificar que das 1.113 Universidades que disponibilizam cursos de graduação a distância, 665 são instituições privadas.

Dentre os desafios da educação na modalidade a distância está a realização de aulas práticas, essenciais para compreensão de conteúdos e aplicação da teoria. Uma solução recorrente é a combinação com cursos presenciais em um ensino semipresencial, denominado também de ensino híbrido. O ensino híbrido tem se mostrado uma tendência da educação superior e pode

[1]https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/70320/65.pdf
[2]http://download.inep.gov.br/educacao_superior/censo_superior/documentos/2018/censo_da_educacao_superior_2017-notas_estatisticas2.pdf

ser definido como um programa de educação formal no qual o estudante aprende pelo menos em parte por meio de aprendizagem *online* e, pelo menos em parte, em um local físico, supervisionado, que não seja sua residência (Horn e Staker, 2015). O Ministério da Educação, por meio da Portaria MEC Nº 4.059/04[3], permite a oferta de 20% da carga horária dos cursos superiores na modalidade semipresencial no Brasil. Outra possível solução para a realização de atividades práticas é a incorporação de atividades em laboratórios *web* nos projetos dos cursos *online*.

Os laboratórios *web* podem ser categorizados em laboratórios virtuais e laboratórios remotos. Os laboratórios virtuais são baseados em simulações, ou seja, apenas reproduzem parte da realidade, possuindo sempre a mesma correlação entre entrada/saída de dados (Silva, 2007). Os laboratórios remotos são experimentos reais, influenciados, por exemplo, pelas variações de temperatura e pressão do ambiente em que estão montados. Os laboratórios remotos constituem o objeto de estudo deste artigo.

Com seu conceito iniciado na década de 90, os laboratórios remotos são ferramentas computacionais que facilitam o fazer científico, ultrapassando barreiras temporais e geográficas (Schauer, 2008). Por meio de plataformas *online*, experimentos reais são disponibilizados, possibilitando a manipulação destes experimentos e a visualização dos resultados por transmissão de vídeo. Os experimentos existentes em laboratórios remotos ficam disponíveis em tempo integral e seu acesso ocorre de forma individual. Os laboratórios remotos surgem como viabilizadores da realização de atividades práticas sem a necessidade de um laboratório de ciências fisicamente presente na instituição, por exemplo. Apesar do acesso aos experimentos de um laboratório remoto ser individual, é possível pensar em aplicações colaborativas ”ed-to-ed'', ou seja, aplicações nas quais estudantes de uma instituição são organizados em grupos e colaboram localmente, mesmo acessando um experimento remoto hospedado em uma outra instituição (Silva, 2007).

Com a crescente demanda do uso de laboratórios remotos, diversos grupos de pesquisa pelo mundo passaram a desenvolver e disponibilizar experimentos remotos em plataformas de modo gratuito. No Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas, por exemplo, o Laboratório de Tecnologia Educacional[4] disponibiliza diversos experimentos remotos voltados à realização de atividades biológicas. Um deles, o experimento remoto “Aquário” permite verificar a existência de micro-organismos na água da região coletada regularmente. Outro laboratório remoto relevante no Brasil é o mantido pela Universidade Federal de Santa Catarina, denominado Laboratório de Experimentação Remota Móvel (RExLab)[5]. Criado em 1996, o RExLab desenvolve e disponibiliza diversos experimentos remotos voltados a prática de disciplinas STEM. Atualmente, além de oferecer os experimentos remotos na plataforma RELLE (*Remote Labs Learning Environment*) por meio do Grupo de Experimentação Remota Móvel, também são

[3]http://portal.mec.gov.br/sesu/arquivos/pdf/nova/acs_portaria4059.pdf
[4] https://www.lte.ib.unicamp.br/portal/experiments.php?idExperiment=65
[5] https://www.rexlab.ufsc.br

disponibilizados, em um ambiente virtual de ensino e de aprendizagem, conteúdos didáticos abertos *online*.

Dada a importância crescente do uso de laboratórios remotos, este artigo tem como objetivo retratar o cenário de pesquisas relacionadas ao uso de laboratórios remotos no ensino brasileiro. Uma revisão da literatura constitui uma forma de compartilhar métodos e discussões de estudos relacionados ao tema de interesse e, portanto, tem o potencial de apontar lacunas e os desafios da área para avanço das pesquisas. Esta pesquisa inclui a categorização dos artigos levantados a fim de facilitar a compreensão e identificação dos trabalhos.

Até o momento em que esta pesquisa foi realizada os autores não identificaram trabalhos semelhantes na literatura nacional. Espera-se, portanto, que este artigo contribua para o reconhecimento e divulgação dos laboratórios remotos existentes e facilite suas utilizações e replicações.

Para isto, foi feita uma revisão sistemática da literatura seguindo a metodologia apresentada na Seção 2. Na seção 3 é feita uma categorização dos artigos coletados, seguida de uma análise dos resultados obtidos sobre o tema (Seção 4). Finalmente, na Seção 5 apresentamos nossas considerações finais sobre a pesquisa.

2 Metodologia

O levantamento de artigos foi realizado por meio de uma revisão sistemática da literatura. Metodologias sistemáticas são voltadas ao levantamento de estudos, realizando análises e sínteses das informações resultantes (Sampaio, 2007). Por meio de uma revisão sistemática é possível mapear o conhecimento gerado por pesquisadores do tema pretendido e analisá-los à luz de critérios estabelecidos pelo autor. Neste tipo de levantamento, destaca-se também a escolha da(s) fonte(s) de dados e o período de tempo a ser observado.

Este trabalho teve como base o protocolo de busca proposto por Kitchenham (2004), seguindo as etapas de: (a) levantamento inicial, (b) seleção e (c) extração de dados. Para isto, o protocolo foi estruturado visando responder às seguintes perguntas: *(i) qual é o estado da arte da utilização dos laboratórios remotos na educação brasileira?, (ii) são descritas atividades de avaliação de laboratórios remotos em sala de aula?, (iii) existem metodologias de avaliação do uso de laboratório remotos em sala de aula?.*

A *query* de busca, utilizada durante o levantamento inicial, foi formulada a partir do método de busca PICo (População, Interesse, Contexto). O método PICo é utilizado para a condução de pesquisas, auxiliando na definição de palavras chave e estratégias de busca (Akobeng, 2005). Tendo como base os termos: laboratórios remotos, educação a distância, e ambiente virtual de aprendizagem, a *query ((("laboratórios remotos") OR ("experimentos remotos") OR (experimentação remota")) AND ("ambiente virtual de aprendizagem") AND ("educação a distância"))* foi gerada. A escolha do método PICo se deu, pois, além de ser um método estabelecido na literatura, tem como foco a elaboração da *query* de busca, facilitando e

melhorando a condução da pesquisa. A *query* foi aplicada nas seguintes bases de dados: Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, Periódicos Capes, Google Acadêmico, Repositório de Produção Científica e Intelectual da Unicamp. As bases foram escolhidas por conta do caráter interdisciplinar da pesquisa e por terem destaque no meio acadêmico.

Durante a etapa de seleção, foram aplicados os critérios de exclusão de trabalhos, sendo: indisponibilidade de acesso, repetição em diferentes bases, não aparecimento das palavras chave no título e resumo, estar dentro da área de pesquisa pretendida. Como critério de inclusão, certificou-se que os trabalhos tratassem do cenário brasileiro e estarem escritos em português. O período de publicação e tipo de documentos não foram restringidos. A pesquisa foi limitada às palavras-chave utilizadas.

Na etapa seguinte, a extração, fez-se a leitura completa dos artigos, analisando e avaliando criticamente todos os artigos para definição de inclusão na revisão. Durante a extração foram estabelecidos os seguintes item para análise: (i) descrição técnica do laboratório remoto, (ii) nível educacional de atuação, (iii) descrição da atividade de avaliação, (iv) método de avaliação.

O *software* START[6] (acrônimo em inglês para Estado da Arte Através de uma Revisão Sistemática) foi utilizado como ferramenta de apoio durante a aplicação do protocolo da revisão sistemática. Desenvolvido na Universidade Federal de São Carlos, o START é baseado na metodologia proposta por Kitchenham (2004) e permite o preenchimento de dados sobre o protocolo e a importação de arquivos contendo referência, título e resumo de trabalhos (Fabbri, 2016). Este *software* facilita o processo inicial de seleção e extração de artigos.

3 Resultados

O levantamento inicial de dados resultou em 157 artigos relacionados ao tema, desconsiderando trabalhos duplicados. A Tabela 1 apresenta a quantidade de artigos por base de dados e etapa do levantamento sistemático realizado neste trabalho. A maior parte de artigos (116) foram encontrados na base *Google Acadêmico*. Após a etapa de seleção, a qual foram aplicados critérios de inclusão e exclusão, além da leitura dos resumos, foram selecionados 38 artigos para a análise final. Na sequência, a etapa de extração final resultou em 23 artigos, que foram então analisados para esta pesquisa.

Tabela 1 - Número de trabalhos encontrados em cada etapa de busca

Base de dados	Levantamento Inicial	Seleção	Extração
[1] Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações	17	11	6
[2] Periódicos Capes	20	1	1

[6] http://lapes.dc.ufscar.br/tools/start_tool

[3] Google Acadêmico	116	20	14
[4] Repositório de Produção Científica e Intelectual da Unicamp	4	2	2
Total	157	38	23

[1] http://bdtd.ibict.br [2] www.periodicos.capes.gov.br [3] https://scholar.google.com.br
[4] http://repositorio.unicamp.br/
Fonte: autores

Os pontos de interesse sobre cada trabalho foram definidos durante a leitura dos artigos baseando-se na resposta das seguintes perguntas: *qual o foco da pesquisa, técnico ou didático?, em qual contexto didático os laboratórios estão inclusos?, qual nível de ensino possui suporte de laboratórios remotos?* Estas perguntas permitiram a organização dos artigos em grupos, possibilitando a criação de uma taxonomia. Os artigos foram organizados em grupos relacionados, listados nas tabelas a seguir, (i) ao foco descritivo principal do trabalho, (ii) a disciplina abordada e (iii) ao nível de ensino.

Esta pesquisa constatou que os trabalhos relacionados ao uso de laboratórios remotos como ferramenta apoiadora do ensino a distância no Brasil começaram a ser divulgados em 2006. Em sua maioria, 13 artigos, o foco principal são as metodologias de ensino, incluindo a descrição de estudo de casos, abordando metodologias didáticas, a incorporação de experimentos em AVAs e aplicações em sala de aula. Entretanto, existem trabalhos que exploram a descrição técnica para o desenvolvimento do experimento remoto, de forma detalhada, incluindo arquitetura e protocolos utilizados. Trabalhos com foco técnico facilitam possíveis replicações e manutenções dos experimentos. Os artigos foram elencados de acordo com seu foco principal na Tabela 2.

Tabela 2 - Artigos organizados por foco principal

	Artigos
Foco Metodologias de Ensino	Cardoso (2016), Lopes (2017), Coelho *et al.* (2017), Marcelino (2010), Cachichi *et al.* (2018), Ortega (2011), Cardoso & Takahashi (2017), Antonio (2016), Takahashi *et al.* (2014), Santos *et al.* (2018), Barcaroli (2017), Almeida (2016)
Foco Técnico	Marchezan (2006), Nicolete (2016), Almeida *et al.* (2014), Oliveira *et al* (2009), Santos (2014), Rochadel (2013), Guerra (2014), Souza (2015), Ronqui (2015), Morais (2016), Júnior (2006)

Fonte: autores

 Porto Alegre, v.22, n.2, maio./ago. 2019. ISSN digital 1982-1654
ISSN impresso 1516-084X

Quanto à disciplina em que os laboratórios remotos são aplicados, pode-se notar seu uso voltado principalmente à disciplinas STEM. Cada disciplina foi categorizada, resultando nos grupos de Ciências, Tecnologia e Engenharia, listados na Tabela 3. Sendo que o grupo de Ciências abrange as disciplinas de Física, Biologia e Química.

Tabela 3 - Artigos organizados por disciplina STEM

Grupo/Disciplina	**Artigos**
Ciências	
Física	Almeida (2014), Oliveira *et al* (2009), Cardoso (2016), Rochadel (2013), Guerra (2014), Marcelino (2010), Cardoso & Takahashi (2017), Takahashi *et al.* (2014), Júnior (2006), Coelho *et al.* (2017)
Química	Cachichi *et al.* (2018)
Biologia	Santos *et al.* (2018), Antonio (2016)
Tecnologia	Santos (2014), Souza (2015), Lopes (2017), Barcaroli (2017), Almeida (2016)
Engenharia	Marchezan (2006), Morais (2012), Ronqui (2015), Ortega (2011)

Fonte: autores

Também foi possível organizar os artigos em função do nível de ensino em que são utilizados, elencados na Tabela 4. Esta categorização foi realizada de acordo com o conteúdo didático trabalhado ou então a partir da descrição do estudo de caso exposto no artigo analisado. O grupo intitulado "Ensino Médio" inclui também o Ensino Médio Técnico. Dependendo de sua natureza, determinados experimentos remotos podem se adequar a mais de um nível de ensino. Sendo assim, nota-se que em sua maioria (13), os trabalhos foram utilizados no ensino superior em turmas de graduação.

Tabela 4 - Artigos organizados por nível de ensino

Nível de Ensino	**Artigos**

Ensino Superior	Marchezan (2006), Almeida (2014), Oliveira *et al* (2009), Santos (2014), Souza (2015), Ronqui (2015), Morais (2016), Cachichi *et al* (2018), Júnior (2006), Marcelino (2010), Lopes (2017), Ortega (2011), Takahashi *et al* (2014), Barcaroli (2017)
Ensino Médio	Nicolete (2016), Rochadel (2013), Guerra (2014), Cardoso (2016), Coelho *et al.* (2017), Santos *et al.* (2018)
Ensino Básico	Antonio (2016), Almeida *et al.* (2016), Cardoso & Takahashi (2017)

Fonte: autores

4 Análise de Resultados

Apresentamos a seguir uma descrição dos artigos selecionados por esta revisão sistemática, a fim de conhecer e melhor compreender as técnicas de desenvolvimento dos laboratórios remotos. Inclui-se a integração do experimento em ambientes virtuais de aprendizagem, mundos virtuais e, caso possua, descrição sobre a avaliação e avaliação da experiência do usuário. Para melhor descrição a análise foi organizada conforme o agrupamento por foco principal, citado anteriormente.

4.1 Foco Metodologias de Ensino

Após a leitura dos artigos podemos notar que a elaboração de cursos baseados em metodologias investigativas e disponibilizadas em AVAs, como o Moodle, foi descrita em alguns trabalhos. Santos *et al* (2018) descrevem uma sequência didática inspirada no modelo de aprendizagem baseado em investigação para o apoio ao ensino de Biologia na educação básica, especificamente sobre o tema Mundo das Plantas. O curso foi elaborado em um AVA, e as atividades investigativas são pré-definidas e realizadas no experimento remoto *Microscópio Remoto*, do Laboratório de Experimentação Remota Móvel (RexLab).

Coelho *et al.* (2017) apresenta a descrição de um curso no formato de sequência didática investigativa. Neste curso, é utilizado o experimento "Queda Livre" para práticas de conceitos físicos em turmas física de ensino médio. Cachichi (2018) descreve o desenvolvimento e implementação de 4 experimentos remotos para a destilação fracionada de componentes químicos. A aplicação foi realizada em turmas de ensino superior de curso de química e os dados coletados a partir de questionários sobre a experiência dos discentes e atividades procedurais.

Uma sequência didática voltado ao apoio do ensino de física para alunos do ensino médio sobre o tema da relação entre a carga e a massa do elétron foi apresentada por Cardoso (2016). O curso, organizado no Moodle, foi dividido em 10 aulas baseadas no ensino investigativo. Ao término destas aulas questionários sobre a experiência e atividades conceituais foram aplicados. Na continuação do trabalho, Cardoso & Takashi (2017) realizam a análise das contribuições de utilização desta sequência didática. A análise foi baseada na taxonomia de Bloom, focando nos pontos cognitivos, afetivo e psicomotor. A manipulação do experimento não possui roteiro pré-determinado.

Também é possível identificar o desenvolvimento de plataformas de ensino *online* integradas a laboratórios remotos. Ortega (2011) apresenta um ambiente colaborativo de ensino integrando um laboratório remoto para a prática em cursos de ensino superior de engenharia elétrica. O ambiente possibilita a realização de videoconferências, além do compartilhamento da tela de *desktop*. Por conta disso, é necessário realizar cadastro para acesso. Como apoio didático a página sugere *links* para sites educacionais relacionados ao tema praticado.

Barcaroli (2017) descreve a implantação de uma plataforma de aprendizagem baseada no pensamento computacional para a manipulação remota de um robô. O ambiente permite a programação em blocos e testes de códigos para manipulação de um braço robótico. A avaliação da plataforma ocorreu por meio de sua aplicação em cursos iniciais de redes de computadores. Os discentes a utilizaram e avaliaram de forma voluntária. Ao final do experimento, os discentes responderam um questionário com a finalidade de traçar o perfil tecnológico e expectativas de uso da ferramenta.

Durante a análise dos trabalhos, foi possível notar a integração de laboratórios remotos com outros objetos de aprendizagem. Marcelino (2010) apresenta um laboratório remoto desenvolvido em um mundo virtual 3D voltado ao ensino superior presencial, trabalhando os temas de elasticidade e conformação mecânica. O objeto desenvolvido também é integrado a um AVA, o qual disponibiliza materiais didáticos. Foi realizada a aplicação do projeto a partir de uma avaliação cognitiva de satisfação e de uma análise do histórico escolar dos participantes.

Outro trabalho semelhante foi apresentado por Antonio (2016), que descreve um mundo virtual 3D integrado ao experimento "Microscópio Remoto''. A ferramenta é voltada ao ensino fundamental, trabalhando o conteúdo do Reino *Plantae*, da disciplina de biologia. Dentro do ambiente virtual, foram incluídos vídeos de apoio e janelas informativas. O trabalho foi validado em turmas de 6º ano, organizado em atividades semanais. Ao término foram coletados dados por meio de questionários, sendo referentes ao perfil tecnológico dos discentes e da experiência dos docentes e discentes. Após a análise dos dados concluiu-se que a atividade foi positiva, e tanto os docentes quanto discentes gostariam de continuar com o projeto.

Almeida (2016) apresenta o desenvolvimento de um laboratório remoto voltado à prática de robótica e programação em *Python* integrada ao *Lego Mindstorms*. O funcionamento da ferramenta ocorre por meio do cadastro e agendamento de uso em salas *online*. Os desafios contêm níveis de dificuldade e limite de tempo. Validada em turmas do ensino fundamental, a ferramenta passou por testes de caso de uso.

 Porto Alegre, v.22, n.2, maio./ago. 2019. ISSN digital 1982-1654
ISSN impresso 1516-084X

4.2 Foco Técnico

Quanto à descrição de avaliação presente nas pesquisas levantadas, alguns trabalhos realizaram atividades em sala de aula coletando dados quantitativos por meio da aplicação de questionários. É possível notar que não existe uma metodologia padrão para a avaliação e análise dos dados. Por exemplo, Guerra (2014) avaliou a utilização de um experimento remoto voltado ao ensino de física, especificamente sobre Lei de *Hooke*. O experimento foi aplicado em turmas de ensino técnico, dividindo as turmas em dois grupos após exposição do conteúdo em aula tradicional. Nesta aplicação, apenas um grupo teve acesso ao experimento remoto. Na sequência, aplicaram-se questionários sobre a experiência e aprendizado em ambos os grupos, comparando a eficácia de utilização do experimento.

Lopes (2017) realizou dois testes quanto ao uso da ferramenta LaraPc, um ambiente colaborativo para a aprendizagem de programação. A LaraPc é contextualizada por meio da robótica no ensino semipresencial em cursos de nível superior de Ciências da Computação. A avaliação de experiência dos discentes foi realizada a partir de levantamento do perfil tecnológico dos usuários, testes empíricos de satisfação e comparação de resultados de discentes após a oficina com turmas que não utilizaram a ferramenta. Os questionários foram elaborados utilizando a escala *Likert* de cinco pontos.

Almeida *et al.* (2014) apresentam a plataforma *web* Apuê para o acesso a laboratórios remotos. Baseada em protocolos consolidados na literatura, a aplicação da pesquisa foi voltada a expectativas e experiências dos discentes ao utilizar a ferramenta. Foram aplicados pré e pós-testes em turmas de ensino médio e graduação a distância. As questões foram elaboradas utilizando a escala *Likert*.

Morais (2016) implementou uma plataforma experimental de acesso remoto denominada Laboratório de Qualidade de Energia Elétrica (LAQEE). O experimento é dividido em módulos, cada um possibilitando um objeto de aprendizagem para manipulação. Os resultados de uso dos módulos são enviados por *email* para os usuários. O LAQEE foi validado em turmas de graduação e pós-graduação em engenharia elétrica. As questões foram elaboradas com base na escala *Likert,* sendo utilizadas para verificar o grau de concordância quanto à experiência e como apoio complementar ao ensino.

Outra forma de aplicação encontrada foi o uso de testes técnicos. Este foi o caso descrito por Ronqui (2015) em uma plataforma desenvolvida para o uso de laboratórios remotos voltados a prática de conceitos de redes de Petri. Takahashi (2014) descreve o desenvolvimento de um experimento remoto voltado ao ensino de física, especificamente sobre o Experimento de Thomson, abordando a razão entre a carga e a massa do elétron. O experimento é integrado a um ambiente virtual de aprendizagem, onde o material didático é também disponibilizado. Marchezan (2006) construiu um sistema modular para o desenvolvimento de laboratórios remotos. Como caso de uso, o experimento "Osciloscópio" foi descrito tendo como diferencial a interface gráfica elaborada baseada no *hardware* proposto.

Oliveira *et al.* (2009) descrevem o desenvolvimento de um ambiente e implementação de um laboratório remoto voltado a prática do estudo de viscosidade dos líquidos. Júnior (2006) implementa um laboratório remoto integrado ao Moodle para experimentação em fotônica. Testes práticos foram realizados visando verificar coeficientes de atenuação em uma fibra óptica. Os resultados do experimento quando comparados ao uso de métodos tradicionais foram satisfatórios, de acordo com o autor.

Santos (2014) desenvolveu o LabVae, um laboratório remoto de aprendizagem em eletrônica, voltado ao ensino superior. Sua pesquisa focou na concepção técnica, realizando análises de tráfego e desempenho do laboratório remoto. Souza (2015) apresenta a plataforma LabVad, um laboratório virtual com atividades voltadas à robótica. A plataforma é integrada com *DuinoBlocks*, que permite a programação em blocos. A ferramenta passou por testes de usabilidade por especialistas, além de avaliações por docentes do ensino técnico e superior.

A análise das instituições nas quais os grupos de pesquisas realizaram os estudos levantados neste artigo indicou a existência de uma rede de parceria de pesquisa nacional, denominada de RexNet. Essa rede conta em 2018 conta com 12 universidades de 5 diferentes países, tendo o Laboratório de Experimentação Remota (RexLab) da Universidade Federal de Santa Catarina como centro agregador. Dentre as instituições parceiras da RexNet estão a Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul e a Universidade Estadual Paulista - UNESP.

Ainda sobre o RexLab, Nicolete (2016) descreve uma visão geral do Grupo de Experimentação Remota Móvel (GT-MRE). O grupo de pesquisa desenvolve e disponibiliza laboratórios remotos acompanhados por sequências didáticas no Moodle. No total são descritos 10 experimentos, incluindo funcionamento técnico, foco didático e os cursos *online* de apoio. Além disso, Nicolete também apresentada avaliações por especialistas e discute possíveis melhorias dos cursos.

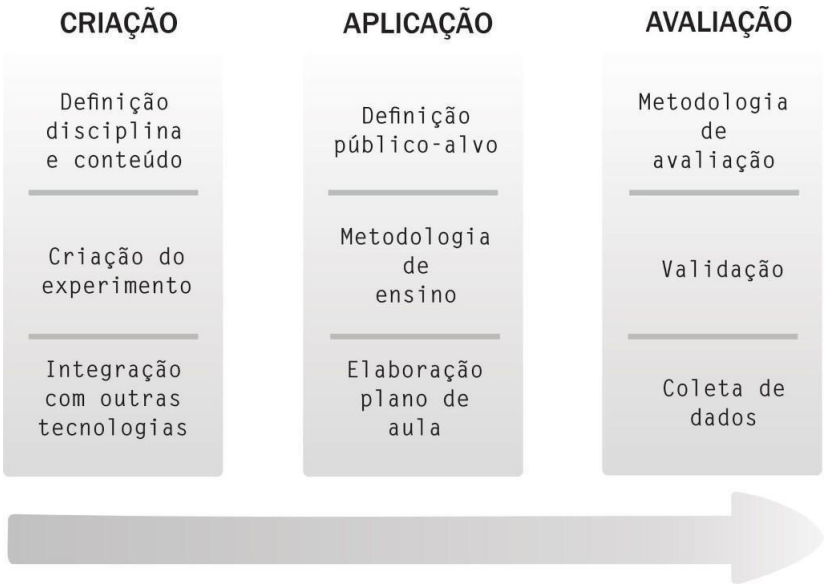
Anteriormente, Rochadel (2013) descreveu o desenvolvimento e implementação do RexMobile, plataforma *mobile* acessada via Moodle, predecessora ao GT-MRE. Inicialmente, seu foco se restringia ao desenvolvimento de laboratórios remotos voltados ao ensino de física na educação básica. A RexMobile foi validada em turmas do ensino médio, disponibilizando 4 experimentos sobre física. O modelo TPACK (acrônimo em inglês para Conhecimento Tecnológico, Pedagógico de Conteúdo ou Disciplina) foi utilizado para o desenvolvimento de questionários aplicados aos docentes durante a fase de avaliação. Os resultados demonstram que os docentes se sentiram confiantes com relação ao domínio pedagógico e de uso da tecnologia.

4.2.1 Laboratórios Remotos

Após uma leitura do primeiro bloco de trabalhos, percebe-se uma estrutura comum do uso de laboratórios remotos no Brasil, ilustrada e ampliada de forma genérica pela Figura 1. Trata-se de uma representação gráfica que sumariza das etapas de criação, uso e avaliação dos conceitos apresentados com o auxílio de um laboratório remoto.

 Porto Alegre, v.22, n.2, maio./ago. 2019. ISSN digital 1982-1654
ISSN impresso 1516-084X

Figura 1 – Criação e utilização de um laboratório remoto.



Fonte: autores

Com base nas pesquisas que utilizam laboratórios remotos no Brasil, portanto, definimos uma estrutura genérica e ampla do uso dos laboratórios remotos no ensino em três grandes blocos ou grupos de etapas: (i) criação, (ii) aplicação, (iii) avaliação.

- Criação

O bloco *Criação* é aquele associado às definições do experimento remoto e seus aspectos tecnológicos, incluindo *hardware* e *software*. É necessário inicialmente definir qual disciplina o experimento remoto irá abordar, e quais conceitos poderão ser trabalhados. A integração do experimento remoto com outros objetos de aprendizagem, como jogos digitais, ambientes virtuais de aprendizagem, mundos virtuais, entre outros, é uma estratégia interessante para melhorar a visibilidade e usabilidade do experimento. Esta integração pode ocorrer durante o desenvolvimento do experimento ou após ele finalizado, como forma de aprimoramento.

- Aplicação

No grupo de etapas de *Aplicação* ocorre o planejamento das atividades com foco nos alunos. É definido o público-alvo que realizará a prática no experimento, indicando faixa etária e nível de ensino. A estratégia de ensino que será utilizada como base para elaboração das atividades, visando atingir compreensão do conteúdo de forma eficiente, também é pensada neste bloco. Por exemplo, pode ser utilizada a Metodologia Baseada em Investigação, Metodologias Baseadas na Solução de Problemas, dentre outras. O produto deste planejamento, que engloba as etapas anteriores, é a elaboração de um plano de atividade.

- Avaliação

 Porto Alegre, v.22, n.2, maio./ago. 2019. ISSN digital 1982-1654
ISSN impresso 1516-084X

Finalmente, o bloco *Avaliação* consiste em definir uma metodologia de avaliação referente à forma como os dados serão coletados e analisados. Assim, o experimento remoto poderá ser executado e validado, sendo que os dados para avaliação deverão ser coletados de forma coerente.

5 Considerações Finais

Durante esta pesquisa foi realizada uma revisão sistemática da literatura, buscando identificar o estado da arte do uso de laboratórios remotos no Brasil. Também espera-se contribuir para o reconhecimento e divulgação dos laboratórios remotos existentes e facilitar sua disseminação e avaliação.

Buscando atingir o objetivo desta pesquisa, foram levantados artigos em bases de dados nacionais. Destaca-se que esta pesquisa está limitada a artigos escritos em português e aos termos: laboratórios remotos, educação a distância, e ambiente virtual de aprendizagem.

A partir desta revisão sistemática realizada nesta pesquisa, foi possível notar a existência de uma única rede de pesquisadores (RexNet) voltada para o desenvolvimento e disseminação dos laboratórios remotos. Esta rede abrange laboratórios de pesquisa nacionais e parcerias internacionais para desenvolvimento e disponibilização de experimentos remotos.

Foram encontrados problemas em aberto sobre a utilização de laboratórios remotos em sala de aula. Destaca-se a ausência de uma política pública que estimule o desenvolvimento e uso deste tipo de ferramenta, sobretudo em um ambiente de crescimento do ensino na modalidade à distância, semipresencial ou híbrida.

Como os laboratórios remotos são ferramentas consolidadas na literatura é comum notar a reutilização de protocolos de desenvolvimento. Quanto à verificação quantitativa da experiência do usuário utilizando os experimentos remotos, notou-se a falta de uma metodologia comum e padronizada para o levantamento e análise dos dados.

Cada um dos trabalhos que descreveu avaliações utilizou diferentes formas de coleta de dados. Apenas em trabalhos de mesmos grupos de pesquisa é adotado uma metodologia comum. Portanto, nota-se uma lacuna de técnicas de avaliação bem estabelecidas e genéricas o suficiente para englobar diferentes aplicações dos laboratórios remotos. Frequentemente é utilizada em questionários a escala *Likert*, um modelo de escala dividido em níveis que variam entre concordo e discordo de uma determinada afirmação.

Os trabalhos encontrados apontam que a utilização de laboratórios remotos ocorre principalmente em cursos de disciplinas STEM e, em sua maioria, se referem a conteúdos de física. Também é possível notar a ausência de avaliações da efetividade do uso de laboratórios remotos no aprendizado dos estudantes como, por exemplo, por meio de uma análise quantitativa. A falta de métricas de avaliação dificulta a compreensão do impacto da apropriação desta ferramenta no processo de ensino e aprendizagem.

Como tendência de caminhos a serem seguidos nota-se uma necessidade do uso de métricas e metodologias de avaliação. Além da busca por soluções para melhoramento de escalabilidade e acesso compartilhado dos experimentos remotos.

Agradecimentos

Agradecemos ao apoio financeiro da Fundação de Amparo a Pesquisa de São Paulo e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Processo #17/13805-8).

Referências

ABMES; *Números do Ensino Superior Privado no Brasil 2017:* ano base 2016*.* Lidyane Lilian Lima, organizadora. ABMES Editora, 2018.

Almeida, G. M. D. de; Chernij, L.; Spolaore, L. S.; *Apuê: uma plataforma web para educação de ciências experimentais baseada em tecnologias livres.* 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Almeida, T. O.; *Laboratório remoto de robótica como apoio ao ensino de programação*, 2016.

Antonio, C. P.; *Mundos virtuais 3d integrados à experimentação remota:* aplicação no ensino de ciências, Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá. 2016.

Akobeng, A. K.; *Principles of evidence based medicine: Archives of disease in childhood*, vol. 90, no. 8, pp. pp. 837–840, 2005.

Barcaroli, V.; *Plataforma interativa de aprendizagem de programação voltada à disseminação do pensamento computacional utilizando robótica remota*, 2017.

Cardoso, D. C.; *A descoberta do elétron como tema gerador de um ensino de física mediado por experimentação remota*, 2016.

Cardoso, D. C.; Takahashi, E. K.; *Contribuições de uma sequência didática com uso de um experimento remoto para o ensino de física*, 2017.

Coelho, K. S. dos; Silva, J. B. da; Bilessimo, S. M. S. *Relato de experiência sobre o processo de inserção do ambiente virtual de aprendizagem e da experimentação remota no ensino de física do ensino médio*, Integração de Tecnologias na Educação: Práticas Inovadoras na Educação Básica, vol. 1, pp.59–66, 2017.

Cachichi, R. C.; *Uma nova proposta para experimentos remotos de físico-química utilizando microcontroladores e plataforma moodle*, 2018.

Fabbri, S.; Silva, C.; Hernandes, E.; Octaviano, F.; Thommazo, A. Di; Belgamo A., *Improvements in the start tool to better support the systematic review process*, in Proceedings of the 20th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering. ACM, 2016, p. 21.

Guerra , S. d. R.; *Estudo da aplicação de um experimento remoto para apoio ao ensino da lei de hooke em alunos do ensino técnico*, 2014.

Horn, M. B.; Staker, H.; *Blended: usando a inovação disruptiva para aprimorar a educação.* Trad. Maria Cristina Gularte Monteiro. Porto Alegre: Penso, 2015.

Kitchenham, B.; *Procedures for performing systematic reviews*, Keele, UK, Keele University, vol. 33, no. 2004, pp. 1–26, 2004.

Lopes, M. S. d. S.; *Ambiente colaborativo para ensino aprendizagem de programação integrando laboratório remoto de robótica*, 2017.

Nicolete, P. C.; Silva, J. B. da; Santos, A. C. dos, and Silva Cristiano, M. A. da, *Grupo de trabalho em experimentação remota móvel (gt-mre)*, Anais do Simpósio Ibero-Americano de Tecnologias Educacionais, pp. 284–294, 2018

Maio, A. Z. F. *Um modelo de núcleo virtual de aprendizagem sobre percepção visual aplicado às imagens de vídeo: análise e criação*, 2005.

Marcelino, R.; *Ambiente virtual de aprendizagem integrado a mundo virtual 3d e a experimento remoto aplicados ao tema resistência dos materiais*, 2010.

Marchezan, A. R. P.; *Ferramentas aplicadas no desenvolvimento de laboratório remoto e/ou presencial no ensino de engenharia eletrônica*, 2006.

Moran, J. M.; *Novas tecnologias e mediação pedagógica***.** Papirus Editora, 2000.

Morais, E. V.; *Compartilhamento de ambientes de aprendizagem com laboratórios remotos*, 2016.

Oliveira, C. R. S. de; Pereira, A. L. de; Oliveira, I. N. de; Santos, H. L. dos; *Um ambiente para a prática remota de aulas laboratoriais de física (determinação da viscosidade de líquidos),* Brazilian Journal of Computers in Education, vol. 17, no. 01, p. 43, 2009.

Ortega, A.; *Laboratório remoto de qualidade da energia elétrica em ambiente virtual*, 2011.

Júnior, F. P.; *Desenvolvimento de um weblab para experimentos remotos em fotônica integrado a um ambiente virtual de ensino-aprendizagem*, 2006.

Peters, O.; *Distance education in a postindustrial society*. Theoretical principles of distance education, pp. 39–58, 1993.

Rochadel, W.; *Rexmobile: integrando experimentação remota na educação básica*, 2013.

Ronqui, L. A. P. d. S.; *Laboratório remoto de automação para aprendizagem de conceitos de redes de petri*, Master's thesis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015.

Sampaio, R. F.; *Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica*, Revista brasileira de fisioterapia, vol. 11, no. 1, pp. 83–89, 2007.

Santos , M. P. dos; *Labvae:* uma solução para experimentação de aprendizagem eletrônica, 2014.

Santos, A. C. dos; Sousa, B. J. de; Canto, J. Z. do; Silva, J. B. da; *Ensino de ciências baseado em investigação:* Uma proposta didática inovadora para o uso de laboratórios on-line em avea, Revista Univap, vol. 24, no. 44, pp. 54–68, 2018.

Schauer, F.; Lustig, F.; Dvorák, J.; Ozvoldová, M.; *An easy-to-build remote laboratory with data transfer using the internet school experimental system*, European Journal of Physics, vol. 29, no. 4, p. 753, 2008.

Silva, J. B. da; *A utilização da experimentação remota como suporte para ambientes colaborativos de aprendizagem*, Ph.D. dissertation, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007, doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento.

Souza, P. R. d. A.; *Labvad:* Desenho e implementação do laboratório virtual de atividades didáticas com robótica, 2015.

Takahashi, E. K.; Cardoso, D. C.; Neri, H. G. F.; Martins, R.; Moura, R. G.; Dantas, A. C.; Pacheco, M. J. P.; Henrique, P.; *Ambiente virtual de aprendizagem para o estudo da descoberta do elétron*, Version Abierta Español–Portugués, p. 147, 2014.

Yonezawa, G.; Shiono, K.; Masumoto, S.; *Logical model of faulted geologic structures*, Geoinformatics, vol. 12, no. 2, pp. 154–157, 2001.

Recebido em fevereiro de 2019.

Aprovado para publicação em setembro de 2019.