



Desenvolvimento e avaliação de uma proposta de experimentação remota como recurso pedagógico na elaboração de um experimento para o ensino de ciências

Lucas Campos Ferreira (Universidade Estadual de Campinas)¹

Gildo Giroto Junior (Universidade Estadual de Campinas)²

Resumo

A crescente integração da tecnologia na vida cotidiana intensificou o interesse em inseri-la no ambiente escolar. As diretrizes curriculares brasileiras destacam a importância de as escolas adotarem e promoverem um uso democrático da tecnologia. Um dos recursos que tem sido relatado na literatura é o uso de experimentos remotos. Neste trabalho, relata-se a experiência de desenvolvimento de um experimento remoto baseado em Arduino para medição de temperatura, umidade relativa do ar e concentração de gás carbônico. Delineamos perspectivas de implementação no ambiente escolar e exploramos desafios da integração tecnológica no planejamento didático. Além disso, abordamos a formação de professores para o uso de tecnologias, sugerindo caminhos para superar obstáculos e integrar novas ferramentas.

Palavras-chave: Arduino; Experimentos remotos; Educação em ciências.

Abstract

The increasing integration of technology into everyday life has intensified the interest in incorporating it into the school environment. Brazilian curricular guidelines emphasize the importance of schools adopting and promoting a democratic use of technology. One of the resources that has been reported in the literature is the use of remote experiments. In this work, we report the experience of developing a remote experiment based on Arduino for measuring temperature, relative air humidity, and carbon dioxide concentration. We outline perspectives for implementation in the school environment and explore the challenges of technological integration in didactic planning. Furthermore, we address teacher training, suggesting ways to overcome obstacles and integrate new tools.

Keywords: Arduino; Remote experiments; Science education.

¹ Contato: lucasdmcax@gmail.com

² Contato: ggirotto@iqm.unicamp.br

1. Introdução

Com os avanços tecnológicos dos séculos XX e XXI, múltiplas tecnologias foram integradas ao cotidiano de forma mais permanente. Há tempos o computador pessoal (PC), por exemplo, tem sido utilizado em diferentes ações, como em pesquisas acadêmicas, no mercado de trabalho, para o lazer, dentre múltiplas outras funções. Neste contexto, existe um esforço constante por parte de gestores educacionais e de estruturas governamentais de diversos países, bem como do setor privado, para a incorporação deste e de outros recursos tecnológicos nas escolas de modo que os estudantes sejam capazes de se apropriar dessas tecnologias (GIORDAN, 2005). No cenário brasileiro, o documento que atualmente destaca as diretrizes educacionais, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), destaca que:

É imprescindível que a escola compreenda e incorpore mais as novas linguagens e seus modos de funcionamento, desvendando possibilidades de comunicação (e também de manipulação), e que eduque para usos mais democráticos das tecnologias e para uma participação mais consciente na cultura digital (BRASIL, 2018, p. 61).

Ainda que os avanços tecnológicos ainda necessitem de maior incorporação na estruturação de abordagens pedagógicas para a educação básica (MOREIRA et al., 2018), no ensino de ciências, as tecnologias têm potencial para serem integradas com grandes benefícios nas atividades experimentais e laboratórios didáticos, sendo consideradas, por professores, como potencializadores no processo de ensino de ciências (BORGES, 2002; LABURÚ; BARROS; KANBACH, 2007).

No campo da pesquisa educacional, em diferentes níveis (ensino fundamental, médio e superior), diferentes projetos têm sido reportados na literatura, os quais apontam contribuições para a aprendizagem e potencialidades de ferramentas, avaliando benefícios e limitações frente ao uso de recursos tecnológicos (HUSSAIN *et al*, 2017; IRBY; BORDA; HAUPT, 2018; MACLAREN; WILSON; KLYMCHUK, 2017).

Ao considerarmos o uso de tecnologias na educação, é fundamental ter suporte teórico que permita reconhecer que a implementação de recursos tecnológicos não deve se caracterizar apenas como o uso de artefatos de forma técnica. Portanto, problematizar as tecnologias como parte de uma proposta pedagógica se faz necessário. As discussões sobre o desenvolvimento e os objetivos do uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) têm sido, ao longo dos anos, amplamente discutidas nas esferas política, econômica e social considerando os impactos no atual modo de vida e os meios de

produção industrial (CASTELLS, 1999; TOURAINE, 1994). A reestruturação das novas formas de produção e envolvimento social tem contemplado a inserção de novas tecnologias e, por estarem presentes em todas as esferas sociais, o ambiente da educação formal, seja ela básica ou superior, não pode ser dispensado. Nesse sentido, diferentes autores têm trazido propostas que investigam as possibilidades de uso das tecnologias na educação.

Levy (2010) destaca o conceito de ciberespaço onde discute a perspectiva e possibilidade da constituição da aprendizagem no ambiente que denomina "espaço antropológico", no qual há uma inteligência coletiva que produz um "espaço de conhecimento democrático". Embora o termo democrático (no ambiente digital) possa ser questionado nas obras do autor, é preciso considerar que os novos acessos são, na verdade, possibilidades de ações e interações no âmbito pedagógico.

Na perspectiva da problematização pedagógica para o uso das TIC, concordamos com as discussões promovidas por Cardoso e Gurgel (2019) que destacam a importância de considerar o papel social da educação, integrando concepções de ensinar e aprender com base na alfabetização científica e tecnológica (SASSERON; CARVALHO, 2011), na educação como forma de emancipação (FREIRE, 1989), e abordagens relacionadas à psicologia educacional e na adoção de metodologias ativas. Além disso, os autores buscam o uso da tecnologia não apenas como recurso técnico, colocando-a em um contexto mais amplo de reflexão sobre sua inserção no projeto educacional.

Na perspectiva de investigar o uso de recursos tecnológicos no ensino, um dos caminhos possíveis é propor estudos que busquem, por meio do planejamento e avaliação das ações, compreender como elas podem ser integradas ao ensino e investigar suas consequências nas aulas de ciências. Portanto, consideramos que é preciso superar a ideia de que a inserção de recursos tecnológicos se aplica apenas à substituição de outras formas de ensino, mas que envolvem, além do conhecimento do uso da técnica, o reconhecimento de suas particularidades e das formas como sua inserção se articula com objetivos atividades educativas propostas

Nesse sentido, em diferentes áreas que desenvolvem atividades com o uso de tecnologias e, no caso das ciências naturais, que promovem atividades experimentais, por exemplo, é reconhecido que os estudantes precisam lidar com o tratamento de dados, o que pode ser feito com maior precisão e agilidade com o uso de recursos tecnológicos que podem ser integrados nas aulas. Um recurso que vem sendo destacado na literatura e que

tem a finalidade de incorporar aspectos relacionados à análise de dados por meio do uso de tecnologias diversas é a experimentação remota (TULHA; CARVALHO; COLUNI, 2019).

As Ciências da Natureza têm, em parte, seu desenvolvimento caracterizado pelo desenvolvimento experimental. Portanto, vários pesquisadores afirmam que o processo de aprendizagem pode ser mais significativo com a utilização de experimentos e, em face disso, o uso de laboratórios remotos destaca-se como uma possibilidade (BORTNIK *et al.*, 2017; BALADOH, ELGAMAL, ABAS, 2017; FAULCONER *et al.*, 2018; ZACHARIA, *et al.*, 2015).

A utilização de Laboratórios Remotos/Experimentação Remota apresentou um crescimento na última década, e diversas possibilidades podem ser reconhecidas com a utilização deste recurso. Conforme apontado por Grout (2017) e por Alkhaldi, Pranata e Athauda (2016), um grande número de centros que vêm desenvolvendo laboratórios remotos nas últimas décadas sendo que alguns resultados podem ser reconhecidos com o uso destas práticas.

Os experimentos remotos são utilizados desde os anos 90, pois como aponta Souza (2019):

[...] A primeira implementação de sucesso ocorreu na Universidade Do Sul Da Califórnia em 1994 pelo professor Goldberg e equipe. Nesta ocasião, eles disponibilizaram ao público a possibilidade de operar um robô através da internet sem nenhum tipo de interrupção. A partir disto, iniciou-se uma nova dimensão de experimentação: a experimentação remota [...] (SOUZA, 2019, p. 22).

Segundo Grout (2017), “Laboratórios remotos são laboratórios físicos que permitem o acesso a experimentos dentro do laboratório por usuários que não estariam no mesmo local físico do experimento”. De Jong, Linn e Zacharia (2013) defendem que a experimentação remota permite o acesso online a elementos e experiências reais, diferenciando-se de simulações, laboratórios virtuais e vídeos com experimentos. Neste método, há ainda dispositivos que permitem a manipulação remota do sistema, sendo mais interativos e dispositivos que permitem apenas a visualização do experimento ou do conjunto de dados gerados pelo mesmo, sendo menos interativos.

Por meio do acesso, alunos e mediadores (professores, tutores) podem, pela utilização de diferentes dispositivos, como câmeras, sensores e controladores, realizar experimentos com instrumentos de um laboratório físico, estando estes localizados remotamente (MA; NICKERSON, 2006).

Diferentes estudos destacam as potencialidades do uso de laboratórios remotos bem como algumas limitações e perspectivas para sua utilização e para a formação de

professores. Nesse sentido, estudos sobre a aceitação dos experimentos remotos em diferentes contextos (LOWE; NEWCOMBE; STUMPERS, 2013), comparação entre o uso de experimentação tradicional e remota (HERADIO; DE LA TORRE; DORMIDO, 2016) e sobre a percepção da aprendizagem de estudantes e das potencialidades por professores (GIROTTO JUNIOR *et al*, 2022) são exemplos de estudos reportados na literatura sobre a temática.

É importante salientar que, de acordo com Heradio, De La Torre e Dormido (2016), as atividades experimentais podem ser classificadas de diversas formas, levando em conta a maneira que os dados são gerados e o local em que o experimento está sendo realizado. Desta maneira, os dados podem ser adquiridos através de duas formas: por meio de simulações de computador ou por meio de medidas de experimentos reais. Segundo esta classificação, o equipamento desenvolvido neste projeto é considerado um experimento remoto, pois os dados são adquiridos a distância e os dados gerados são medidos por meio de sensores físicos, e não a partir de simulações computacionais (HERADIO, DE LA TORRE, DORMIDO, 2016).

No Brasil, existem alguns grupos que desenvolvem e disponibilizam experimentos remotos de acesso gratuito, em que os equipamentos são mantidos por universidades brasileiras. Como exemplo, temos o RexLab da Universidade Santa Catarina (REXLAB)³, o laboratório remoto de física da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)⁴ o Laboratório de Tecnologias Educacionais (LTE)⁵ da Universidade Estadual de Campinas dentre outros⁶. Nestes ambientes virtuais, existem diversos experimentos montados e, desta forma, o estudante/usuário pode realizar a medição de grandezas por meio de uma interface no site e, em seguida, proceder com a análise dos dados, dentre outras funcionalidades previstas a depender do tipo de experimento acessado. Utilizar este tipo de experimento pode apresentar diferentes vantagens, uma vez que seria possível acessar equipamentos que possivelmente não estariam disponíveis fisicamente na escola devido à limitação de recursos.

Além disso, o compartilhamento de dados pela internet é prática comum em atividades científicas. Um exemplo de atividade que tem crescido nos últimos anos são projetos na área de Ciência Cidadã (CIVIS)⁷, que se configuram em uma abordagem de

³ <https://rexlabs.ufsc.br/>

⁴ <https://labremoto.unifei.edu.br/src/welcome.php>

⁵ <https://www.lte.ib.unicamp.br/portal/>

⁶ <https://www.ea2.unicamp.br/ensino-digital-3/laboratorios-remotos/>

⁷ <https://civis.ibict.br/>

produção e divulgação de conhecimentos científicos envolvendo a participação da comunidade, seja na coleta ou análise de dados. Portanto poderiam ser utilizadas técnicas de experimentação remota, semelhantes às descritas neste trabalho, ainda que em projetos não necessariamente voltados ao ensino formal.

Destaca-se que a ideia por trás da experimentação remota não é substituir a experimentação *in loco*, na escola, mas sim oferecer uma alternativa viável para casos específicos em que os recursos necessários não estejam disponíveis. Além disso, a experimentação remota pode ser utilizada como uma ferramenta adicional para o desenvolvimento de outros conhecimentos com o de acesso e manipulação de dados *online*, por exemplo. Dessa forma, é possível expandir o leque de possibilidades de aprendizagem e garantir que os estudantes tenham acesso a um ensino mais completo e diversificado.

Há ainda, a possibilidade do uso de experimentos remotos inserido em abordagens como a STEM / STEAM *education*, de modo multidisciplinar ou interdisciplinar (a depender do projeto), envolvendo os campos das ciências naturais, engenharia, tecnologia e matemática (STEAM - Science, Technology, Engineering, Arts and Math). São recentes e ainda em baixo número os trabalhos que integram STEAM e laboratórios remotos, mas devido às características das propostas, nota-se potencialidades de integração. Por exemplo, Mamani *et al* (2021) trazem um levantamento de trabalhos sobre o uso de laboratórios remotos e simulações e as tendências do uso destas ferramentas em práticas STEAM.

De modo aplicado, mas não diretamente relacionado a STEAM *education*, Cachichi, Girotto Junior, Galembeck *et al* (2020), desenvolveram e utilizaram um equipamento baseado em um microcontrolador para analisar as fases de uma mistura de fenol/água e, em seguida, transmitir os resultados da reação por meio de um vídeo online. Neste exemplo, além de possibilitar aos alunos a possibilidade de analisar a reação em tempo real, utilizar a experimentação remota foi indicado não apenas devido a toxicidade do fenol, como pensando em uma possível análise de dados a distância, uma vez que o público alvo eram estudantes do curso técnico em química.

Considerando o exposto até o momento, partimos da premissa que o uso de recursos tecnológicos, em particular os experimentos remotos, passam pelo desenvolvimento do aparato técnico pensado sob a ótica de um contexto educacional para que seja possível executar um planejamento didático na qual o recurso tenha potencialidades para contribuir para o ensino e a aprendizagem.

Nesse sentido, considerando as potencialidades e dificuldades do uso da experimentação remota, temos como objetivo neste trabalho, descrever o desenvolvimento

de um sistema de experimentação remota, elencando as dificuldades encontradas e os meios de equacionamento das mesmas frente ao desenvolvimento de uma proposta de ensino. Almejamos também trazer reflexões a respeito das perspectivas de utilização de tal experimento em abordagens pedagógicas em uma perspectiva de formação de professores. Este artigo, portanto, descreve um relato de experiência fundamentado na prática e na reflexão.

Por fim, ressaltamos que é importante compreender as possíveis barreiras que podem surgir durante a implementação de um projeto de experimentação remota, bem como possíveis formas de utilizá-lo em situações concretas de ensino. Justifica-se, também, a proposta deste trabalho a partir da utilização do sistema desenvolvido em cursos e oficinas de formação de professores de ciências, tanto para a elaboração de atividades baseadas em ensino de ciências do clima e análise de dados (objeto do experimento proposto), como também para cursos específicos de construção e elaboração de experimentos remotos.

2. Materiais e Métodos

O desenvolvimento de sistemas com experimentação remota envolve a utilização de diferentes instrumentos e aparatos eletrônicos. O Arduino⁸, uma placa eletrônica utilizada para prototipagem de circuitos elétricos, apresenta-se como um dos recursos que vem sendo utilizado em diversos trabalhos acadêmicos do ensino de ciências e de lógica de programação. Tal instrumento consiste em um microcontrolador controlável e portas de entrada e saída de dados. Por meio destas portas é possível acoplar sensores que podem coletar dados de grandezas físicas, atuadores, motores elétricos e diversos dispositivos eletrônicos como displays, LEDs, etc. Parte do motivo do Arduino ser utilizado no ensino de ciências está relacionado com seu baixo custo e por caracterizar-se por uma plataforma com código aberto. Como aponta Moreira *et al* (2018):

[...] O arduino tem se mostrado como uma tecnologia versátil e de simples utilização por professores e alunos, por ser uma plataforma eletrônica de código aberto baseada em hardware e software fáceis de usar, e com um custo relativamente baixo (MOREIRA *et al*, 2018, p.723)

Neste sentido, diversos autores e trabalhos acadêmicos no campo do ensino de ciências vêm utilizando o Arduino em atividades, descrevendo tais experiências na forma de

⁸ <https://www.arduino.cc/>

relatos de sala de aula e como propostas de experimentos didáticos, com aplicações nas mais variadas áreas da física, biologia e química (MOREIRA *et al*, 2018).

No contexto específico deste trabalho, desenvolveu-se um protótipo de experimento remoto que será mantido por um grupo de pesquisa em ensino de química e ciências vinculado a uma Instituição de Ensino Superior Pública (IESP) no Brasil. Destacamos, portanto, a forma (métodos) e materiais utilizados no desenvolvimento do sistema experimental remoto. Na próxima seção discutiremos os resultados que o sistema retornou, dificuldades encontradas e meios de superá-las bem como aspectos pensados para o uso didático do sistema desenvolvido.

O sistema construído é utilizado para medir dados de temperatura, umidade relativa do ar e concentração de gás carbônico no ambiente e, em seguida, enviar os dados para uma plataforma de coleta de dados na nuvem. Por fim, os dados foram enviados para um site desenvolvido neste projeto, para que eventualmente alunos e/ou professores possam usá-los em aulas e atividades didáticas.

Para a elaboração do experimento, foram utilizados os seguintes componentes eletrônicos:

- Arduino UNO WiFi REV 2;
- Sensor de umidade e temperatura DHT11;
- Sensor de qualidade do ar MQ135;
- Resistor de 330Ω;
- Protoboard e Jumpers.

O circuito elétrico é montado de acordo com o esquema apresentado na Figura 1.

A temperatura e umidade relativa do ar são medidas pelo sensor DHT11 (ADAFRUIT, 2023), componente eletrônico composto por um *termistor* para medir a temperatura do ambiente, bem como um sensor de umidade capacitivo, para que seja possível medir a umidade relativa do ar. As grandezas medidas são enviadas para o arduino por meio de comunicação serial entre o sensor e a placa.

No experimento construído, utilizou-se o ThingSpeak⁹, uma plataforma com serviços gratuitos de coleta de dados. No servidor do ThingSpeak, os dados são transmitidos e armazenados a cada 20 segundos. Além disso, é possível obter um histórico de todos os dados medidos pelo sistema. Contudo, no site protótipo desenvolvido é apresentado para os possíveis alunos e/ou professores apenas a última leitura dos dados.

Para que seja possível integrar o arduino ao servidor do ThingSpeak é necessário realizar um cadastro na plataforma e, em seguida, obter as chaves de acesso geradas pelo site. Estas chaves de acesso fazem com que seja possível conectar o arduino à uma Interface de Programação de Aplicação (API) e, desta maneira, os dados são transmitidos do arduino para o servidor. Por fim, os dados são enviados para o site por meio de uma ferramenta do ThingSpeak.

Para acompanhar as medidas aferidas pelo sistema coletaram-se dados por um dia completo de forma ininterrupta, a fim de que fosse possível testar o sistema e verificar se os dados estavam sendo mostrados no site, bem como verificar se as medidas de temperatura, pressão e umidade relativa do ar estavam coerentes. Por fim, vale mencionar que todas as medidas foram feitas em um ambiente com ar condicionado ligado a 22°C.

Na seção de resultados é possível observar os dados coletados durante um período de um dia de coleta de dados. No período em questão, mediu-se uma temperatura que estava em torno de 23°C, a umidade relativa do ar oscilou entre 50% e 65% e, por fim, obteve-se uma medição média de 277.1 ppm de concentração de gás carbônico.

3. Resultados e discussão

Nesta seção, traremos três subtópicos buscando apresentar os dados das medições realizadas pelo sistema desenvolvido, a discussão sobre os problemas encontrados e formas de contorná-los e perspectivas de integração do sistema desenvolvido em atividades voltadas ao ensino de ciências.

3.1 Medidas realizadas e dados gerados pelo sistema

Os dados coletados pelos sensores descritos na metodologia são disponibilizados por meio da interface disponível no site, o qual foi criado exclusivamente para este projeto. A Figura 2 representa a página inicial da página na web, ou seja, a interface de visualização dos usuários.

⁹ <https://thingspeak.com>

Figura 2 – Exemplo de uma medida de dados utilizando a interface do site.



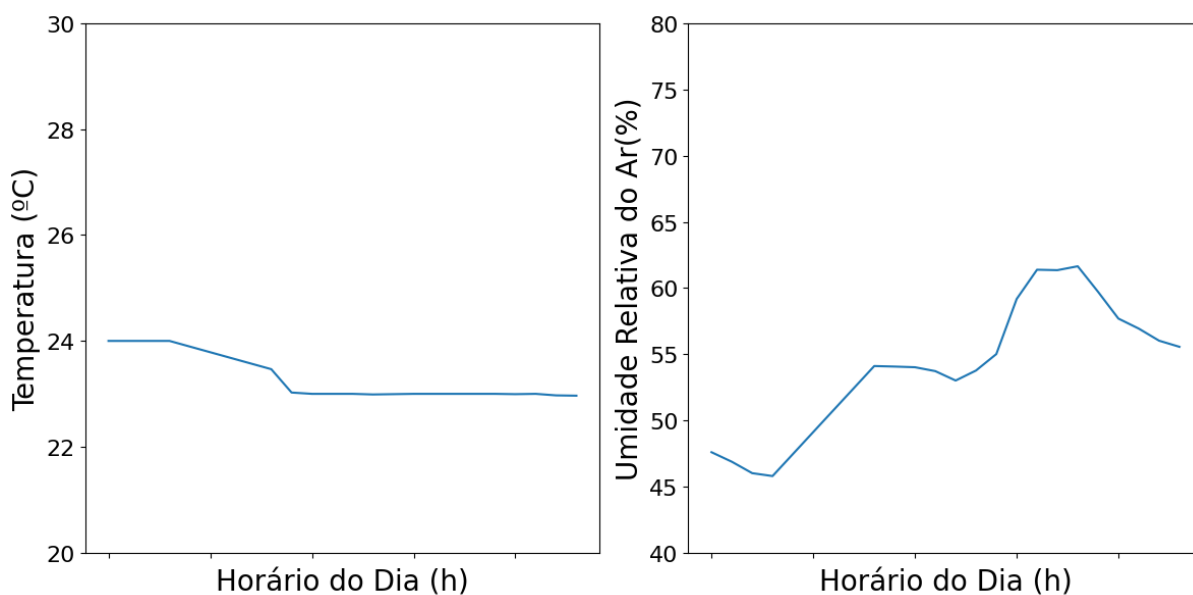
Fonte: elaboração própria.

É importante notar que a interface mostrada na Figura 2 é um recorte da tela do site protótipo desenvolvido. Tendo em mente que o material disponível no site seria destinado para professores e alunos de ciências do ensino fundamental II e médio, optou-se por construir a interface de uma maneira limpa, apenas mostrando os valores numéricos das medidas. Como mencionado na metodologia, o sistema desenvolvido no arduíno é conectado ao ThingSpeak, que recolhe os dados medidos e esses dados são então transferidos na forma gráfica para o site criado.

A fim de se testar o sistema e verificar a consistência dos dados medidos pelos sensores, acessou-se então o servidor do ThingSpeak, e, deste modo, foi possível obter todos os dados medidos ao longo do dia 11 de novembro de 2022.

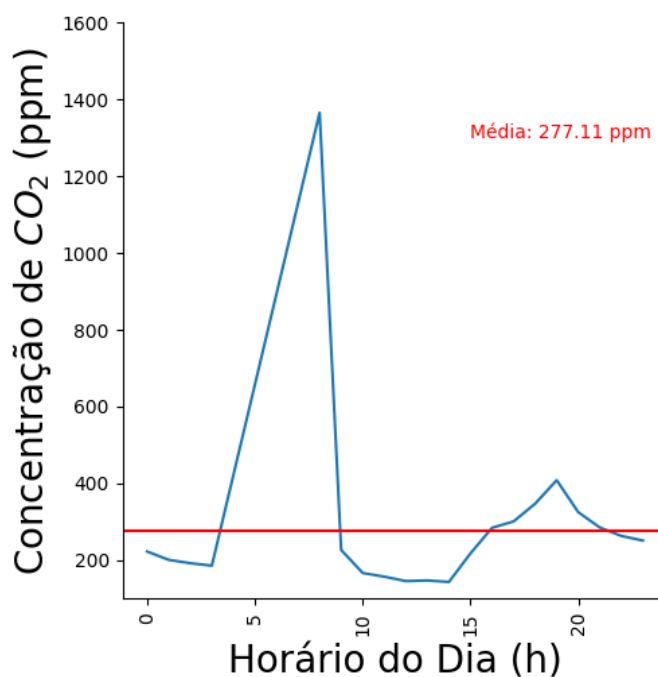
Os gráficos representados pelas Figuras 3 e 4, representam os dados de Temperatura (graus Celsius), Umidade relativa do ar (%) (Figura 3) e concentração de CO₂ (Figura 4).

Figura 3 – (A) Medição da temperatura ao longo de um dia (período de 24 horas); (B) Medição da umidade relativa do ar ao longo do dia



Fonte: elaboração própria.

Figura 4 – (A) Medição de concentração de CO₂ ao longo do dia. Indicação da medida média de concentração de CO₂



Fonte: elaboração própria.

Vale mencionar que durante o estudo foram obtidas mais medidas das grandezas citadas acima, contudo os outros dados obtidos foram utilizados para testar a estabilidade do equipamento e conexão do equipamento à internet, portanto não foram utilizados para averiguar a acurácia e precisão do sistema.

Uma vez que todas as medidas foram coletadas em um ambiente com a temperatura controlada, é possível afirmar que os valores de temperatura são coerentes com o valor da medida de temperatura do ambiente. Com relação à umidade relativa do ar, os valores em ambientes climatizados apresentam-se em torno de 50% (BRASIL, 2003), o que representa uma leitura adequada por parte do sensor. Entretanto, no caso das medidas de concentração de gás carbônico, esperava-se um valor médio de 440 ppm, que representa a concentração média de gás carbônico em ambientes fechados (BRASIL, 2003; IPCC, 2007). Além disso, em uma determinada faixa do dia, das cinco horas da madrugada até às 10 horas da manhã, houve um pico na medida de concentração do gás. Não foi possível determinar se esta medida foi um problema associado ao sensor ou se estava, de fato, relacionada com a quantidade de CO₂ no ambiente.

Contudo, apesar do valor inesperado de concentração de gás carbônico, é possível notar no gráfico da Figura 4 que, ao considerar o valor médio durante o período de medição, obteve-se um valor menor do que a concentração de gás carbônico em ambientes abertos, que é de 440 ppm. Levando em consideração que, em geral, a concentração de um gás tende a ser maior em ambientes fechados, isto possivelmente é uma inconsistência na medida desta grandeza.

3.2 Discussão das dificuldades e aprimoramento do sistema

No que se refere à transmissão dos dados e acesso às informações por parte dos usuários, a montagem utilizando o arduino Uno Rev 2 funcionou de maneira satisfatória, de forma a ser possível coletar medidas durante longos períodos. Com relação aos sensores, o sensor DHT11 funcionou de maneira estável e com leituras coerentes, já com o sensor MQ - 135 foram obtidas medidas que necessitam de uma investigação maior de modo a compreender o problema na medição.

O principal problema no sistema desenvolvido foi a utilização do sensor MQ-135 que não apresentou um desempenho adequado em suas medições uma vez que, como apontado, o valor de concentração de gás carbônico em ambientes abertos apresenta-se em torno de 440 ppm e a leitura média obtida foi de aproximadamente 277 ppm.

Algumas alternativas foram testadas no sentido de superar tal problema. Inicialmente, foram testados outros sensores do mesmo modelo, em circuitos que funcionam independentemente. Houve também a tentativa de calibração, deixando o sistema funcionar por um maior período de tempo e expondo-o a quantidades de gás carbônico mais elevadas, com a inserção do sistema em um ambiente fechado com a presença de gelo seco. De modo a ter uma medida de referência, os testes foram realizados em presença de um medidor padrão de gás carbônico, disponível comercialmente.

Os testes, no entanto, não apresentaram alterações nos resultados. Notou-se que havia alterações nas medidas enviadas pelo sensor as quais apresentavam-se na mesma ordem de grandeza daquelas obtidas pelo sensor padrão comercial, mas com valores distintos. Uma interpretação é de que o sensor MQ-135 necessita de uma correção matemática em suas medidas. Tal correção poderia ser determinada por meio de medidas padronizadas e inserida no código fonte de transmissão dos dados. No entanto tal ação demandaria um conjunto de medidas padronizadas e também um domínio na linguagem de programação. Optamos, no momento, por trabalhar com as medidas obtidas em conjunto com a medida do equipamento comercial, tido aqui como padrão. Tal escolha é justificada no próximo tópico, considerando as possibilidades para o ensino.

O que podemos notar, a partir da montagem do sistema e da interpretação das medidas obtidas é que existem dificuldades técnicas para a elaboração de um equipamento como o proposto. Em termos técnicos, há a necessidade de se ter disponível os equipamentos e acesso à internet. Em termos de conhecimentos profissionais, é importante que o professor (ou sujeito que irá construir o sistema) possua familiaridade com o arduino ou com plataformas de internet das coisas. Considerando este último aspecto, é possível problematizar a inserção de sistemas com experimentação envolvendo arduino (remota ou não).

Destacamos anteriormente a importância da inserção de recursos tecnológicos no ensino de ciências. Entretanto, tal tarefa envolve a mobilização de um conjunto de conhecimentos associados. Se considerarmos o desenvolvimento de um sistema similar ao proposto aqui, faz-se necessário ao professor ter domínio de conhecimentos tecnológicos diversos. Além disso, se há a perspectiva de inserção do sistema em práticas de ensino que superem a implementação técnica, tais conhecimentos precisam estar associados a conhecimentos pedagógicos e de conteúdo.

Como destacam Mishra e Koehler (2006) o domínio tecnológico é fundamental, mas não suficiente. Há, portanto, a necessidade de integração da tecnologia ao conteúdo, de onde emergem conhecimento tecnológico do conteúdo, a tecnologia ao pedagógico, de

onde emerge o conhecimento pedagógico e tecnológico e, por fim a integração destes, fazendo emergir o Conhecimento Pedagógico e Tecnológico do Conteúdo - TPACK (MISHRA; KOEHLER, 2006).

Retomando a primeira parte de nosso objetivo, cuja intenção é identificar as dificuldades encontradas, destacamos que, para além das medições a princípio não consistentes com os padrões, a necessidade do aprendizado de conhecimentos de um novo sistema tecnológico pode gerar impedimentos para o desenvolvimento de propostas de ensino utilizando arduíno, pois como aponta Moreira *et al*:

Muitos professores não utilizam essas tecnologias em suas aulas por terem dificuldade em usá-las. Ao mesmo tempo, faltam recursos físicos e humanos na escola para isso. (MOREIRA *et al*, p. 725, 2018).

Desta demanda emergem questionamentos relacionados à formação inicial e continuada de professores para o uso de tecnologias. Há que se questionar se existe a necessidade do profissional da educação ter i) domínios de conhecimentos para a construção de sistemas como o proposto ii) para a sua utilização crítica em sala de aula ou iii) desenvolver ambos os domínios. Concordamos com o que apontam Cox e Graham (2009) que cada vez mais a tecnologia se apresenta onipresente nos ambientes educacionais e, deste modo, os domínios de conhecimento para sua utilização crítica são necessários aos professores. Nesse sentido, pensar como tais recursos podem ser inseridos na formação com vistas ao desenvolvimento de conhecimentos profissionais e também de modo a inserção crítica em planejamento de ensino torna-se fundamental.

3.3 - Utilização do equipamento em aulas e cursos de formação

Pensando especificamente no contexto da sala de aula em cursos de formação de professores, buscamos neste tópico tecer algumas considerações em relação às possibilidades de desenvolvimento de propostas formativas.

No que tange o desenvolvimento de conhecimentos profissionais de futuros professores, é fundamental que sejam instituídas práticas que envolvem o planejamento didático envolvendo recursos tecnológicos com o objetivo de pensar a inserção de tais ferramentas para além do uso técnico. Nesse sentido, o conhecimento tecnológico é importante, mas, como destacado, sua articulação com o conhecimento do conteúdo e com o conhecimento pedagógico é fundamental. Nesse sentido e, retomando nosso objetivo de pensar as perspectivas da inserção do sistema desenvolvido em propostas pedagógicas, damos destaque a três aspectos a serem problematizados.

Primeiramente, damos ênfase aos possíveis conhecimentos profissionais associados. A produção de sistemas envolvendo o Arduino, em disciplinas de formação específica, pode contribuir para que conhecimentos tecnológicos sejam desenvolvidos. Obviamente, não se propõe aqui que haja uma formação técnica, mas que, por meio do trabalho com algumas propostas já relatadas na literatura, domínios de conhecimento voltados à tecnologia possam ser trabalhados em cursos de formação.

Na seara dos conhecimentos, avaliamos que as maiores potencialidades não são em si relacionadas ao conhecimento técnico, mas sim a integração deste em propostas de ensino. Como apontam Girotto Junior *et al* (2022) há uma percepção positiva tanto de futuros professores quanto de estudantes em relação ao uso de tais recursos.

Um segundo aspecto tem relação com a perspectiva da inserção de um ensino mais centrado nos alunos, integrando práticas que permitam um maior engajamento de estudantes no acesso e tratamento de dados. Com relação ao uso de experimentos remotos em aulas de ciências, entende-se que tipo de tecnologia poderia ser utilizada em atividades de ensino híbrido (*blended learning*) as quais envolvem práticas envolvendo metodologias ativas de ensino. O ensino híbrido, no contexto deste trabalho é entendido como:

[...] uma abordagem formal e inovadora para a educação, que busca: potencializar a aprendizagem por meio da tecnologia; equilibrar a aprendizagem individual com a coletiva; integrar os espaços físicos com os virtuais; atribuir um papel mais interativo ao professor e mais autônomo aos estudantes; personalizar a aprendizagem, ao permitir que atenda ao ritmo e ao estilo de aprendizado dos estudantes, com flexibilidade de tempo e espaço (HORN *et al*, 2013 *apud* ROZA; VEIGA; ROZA, 2020).

Aliado a estes conceitos com a utilização dos laboratórios remotos na sala de aula, entende-se que o projeto desenvolvido poderia ser utilizado no desenvolvimento de planejamentos de ensino que visem gerar práticas voltadas a coleta de dados de forma assíncrona, o compartilhamento coletivo de informação por meio de plataformas digitais e, em sala de aula, a interpretação dos mesmos problematizando-os juntamente com os conteúdos de ciências, neste caso conteúdos associados a atmosfera e meio ambiente.

Destaca-se neste ponto que tanto a ideia de ensino híbrido quanto o uso de experimentação remota, apesar de amplamente discutidas na literatura, ainda tem pouca inserção nos ambientes formais de sala de aula da educação básica. Argumentamos que tal fato ocorre, dentre outras razões, pela carência de práticas, na formação dos professores, que envolvam um planejamento sistemático e que envolvam diretamente os recursos tecnológicos.

A realização de uma análise científico-epistemológica e didático pedagógica vinculada ao uso de recursos tecnológicos em componentes curriculares de cursos de formação de professores não garante que tais recursos sejam utilizados futuramente mas, possibilita a reflexão dos professores sobre a sua utilização integrada a conteúdos curriculares e práticas que envolvem estratégias de ensino que fujam da transmissão-recepção de conteúdos e, nesse sentido vislumbra-se potencialidades da inserção de sistemas como o proposto em disciplinas de formação.

Por fim, destacamos que há também dificuldades relacionadas ao conhecimento dos próprios formadores em desenvolver sistemas como o proposto e posteriormente sua inserção em cursos de formação. No entanto, destacamos que nem sempre se faz necessário o desenvolvimento de um instrumental próprio, uma vez que há um conjunto de dados e informações disponíveis em diferentes plataformas online.

As diferentes questões apresentadas fazem corpo a ideia de que o planejamento de ações didáticas com o uso de tecnologias voltadas ao ensino não são triviais no sentido de incorporar de forma técnica o uso das tecnologias. Pensar cursos de formação que discutam questões da formação técnica bem como questões voltadas à incorporação crítica das tecnologias no ensino é crucial. Nesse sentido, não buscamos levantar propostas, mas sim questionamentos. Como articular a didática específica do ensino de uma determinada ciência ao uso dos recursos tecnológicos que possibilitem o seu aprendizado por sujeitos diferentes? Tal questionamento pode nos levar a refletir sobre possibilidades de integração de conhecimentos pedagógicos, tecnológicos e de conteúdo em cursos de formação inicial de professores.

Na mesma temática do sistema proposto, destacamos a plataforma da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB)¹⁰ do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)¹¹ por meio do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos ou mesmo da agência de Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (NASA)¹² que podem ser utilizados como ferramentas para a proposição de planejamentos didáticos voltados ao tratamento de informações, uso e compartilhamento de dados e interlocução com conhecimentos específicos das ciências.

¹⁰ <https://cetesb.sp.gov.br/>

¹¹ <https://www.cptec.inpe.br/>

¹² <https://power.larc.nasa.gov/>

4. Conclusão

Com a crescente integração das tecnologias na vida cotidiana, é imprescindível que a escola acompanhe essa tendência e incorpore esses recursos em suas práticas pedagógicas. No ensino de ciências, a utilização de experimentos remotos e do Arduino pode ser uma alternativa interessante para tornar as atividades mais atrativas e proporcionar uma integração entre o uso de tecnologias como o experimento remoto em aulas de laboratório de ciências naturais.

Os experimentos remotos permitem o acesso a equipamentos que muitas vezes não estariam disponíveis na escola, ampliando as possibilidades de experimentação e medição de grandezas físicas. A utilização do Arduino como ferramenta pedagógica também pode ser vantajosa devido ao seu baixo custo e facilidade de uso, permitindo a realização de atividades práticas e experimentais.

Com relação ao trabalho desenvolvido, é proposto a construção de um experimento remoto, a fim de que seja possível trabalhar conceitos relacionados a ciências atmosféricas sob uma perspectiva de ensino híbrido, que tem como pressuposto uma abordagem didático-pedagógica mais ativa, que estaria, então em oposição às abordagens didáticas que se restringem apenas a transmissão de conteúdos.

Por fim, apesar de obtermos dados inconsistentes de concentração de gás carbônico, avaliamos que este experimento pode ser de utilizado sob ótica de uma perspectiva formativa, ou seja, aliar o equipamento elaborado à cursos de formação de professores que envolvam ensino híbrido, utilização do Arduino, experimentação remota e etc. Desta forma, acreditamos que seria possível desenvolver os conhecimentos profissionais de docentes e futuros professores referentes ao uso de tecnologias em sala de aula, bem como o planejamento didático, de uma maneira mais crítica.

5. Referências

ADAFRUIT. **DHT11, DHT 22 and AM2302 Sensors, c2022**. Disponível em: <https://learn.adafruit.com/dht?view=all>. Acesso em: abr. 2023.

ALLDATASHEET. **Ficha técnica MQ-135, c2022**. Disponível em: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1307647/WINSEN/MQ135.html>. Acesso em: abr. 2023.

ALKHALDI, T.; PRANATA, I.; ATHAUDA, R.I. A review of contemporary virtual and remote laboratory implementations: observations and findings. **Journal of Computer Education**, v.3, p. 329–351, 2016.

BALADOH, S. M.; ELGAMAL, A. F.; ABAS, H. A. Virtual lab to develop achievement in electronic circuits for hearing-impaired students. **Education and Information Technologies**, v. 22, p. 2071–2085, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-016-9532-7>. Acesso em: abr. 2023.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291-313, jan. 2002.

BORTNIK, B. *et al.* Effect of virtual analytical chemistry laboratory on enhancing student research skills and practices, **Research in Learning Technology**, v. 25, p. 1–20, dez. 2017. DOI: <https://doi.org/10.25304/rlt.v25.1968>. Acesso em: abr. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução-RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003. **Diário Oficial da União**: Rio de Janeiro, n. 14, 20 jan. 2003. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RE_09_2003_.pdf/8ccafc91-1437-4695-8e3a-2a97deca4e10. Acesso em: abr. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: abr. 2023.

CACHICHI, R.; GIROTTO JUNIOR, G.; GALEMBECK, E. *et al.* Creation of a Phenol/Water Phase Diagram Using a Low-Cost Automated System and Remote Transmission. **Journal of Chemical Education**, v. 97, n. 10, p. 3667–3672, 2020.

CARDOSO, D.; GURGEL, I. Por uma educação científica que problematize a mídia. **Linhas Críticas**, v. 25, p. 74-93, 2019.

CASTELLS, M. **A sociedade em rede**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1999.

COX, S.; GRAHAM, C. R. Diagramming TPACK in Practice: Using an Elaborated Model of the TPACK Framework to Analyze and Depict Teacher Knowledge. **TechTrends**, v. 53, p. 60-69, 009. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11528-009-0327-1>. Acesso em: abr. 2023.

DE JONG, T.; LINN, M.; ZACHARIA, Z. C. Physical and virtual laboratories in science and engineering education, **Science**, v. 340, p. 305–308, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1230579>. Acesso em: abr. 2023.

FAULCONER, E. K. *et al.* Comparison of online and traditional chemistry lecture and lab, **Chemistry Education Research and Practice**, v. 19, p. 392–297. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1039/c7rp00173h>. Acesso em: abr. 2023.

FREIRE, P. **Educação como prática da liberdade**. São Paulo: Paz e Terra, 1989.

IPCC, **Climate change 2007: the physical science basis - Summary for policymakers**. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, 2007.

GIORDAN, M. O computador na Educação em Ciências: breve revisão crítica acerca de algumas formas de utilização. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 11, n. 2, p. 279–304, 2005.

- GIROTTTO JUNIOR, G., CACHICHI, R. C, GALEMBECK, E., VAZQUEZ, P. A. M. Analysis of undergraduate students' and teaching professional's perceptions about practical activities involving remote laboratory. *Góndola. Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, v. 17, n. 2, p. 300-316, 2022.
- GROUT, I. Remote Laboratories as a Means to Widen Participation in STEM Education. *Education Sciences*, v. 7, n. 4, p. 85, 2017.
- HERADIO, R.; DE LA TORRE, L.; DORMIDO, S. Virtual and remote labs in control education: A survey. *Annual Reviews in Control*, v. 42, p. 1–10, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2016.08.001>. Acesso em: abr. 2023.
- HUSSAIN, I. *et al.* Effects of Information and Communication Technology (ICT) on Students' Academic Achievement and Retention in Chemistry at Secondary Level. *Journal of Education and Educational Development*, v. 4, n. 1, p. 73-93, 2017.
- IRBY, S. M.; BORDA, E. J.; HAUPT, J. Effects of Implementing a Hybrid Wet Lab and Online Module Lab Curriculum into a General Chemistry Course: Impacts on Student Performance and Engagement with the Chemistry Triplet. *Journal of Chemical Education*, v. 95, n. 2, p. 224-232, 2018.
- LABURÚ, C. E.; BARROS, M. A.; KANBACH, B. G. A Relação com o Saber Profissional do Professor de Física e o Fracasso da Implementação de Atividades Experimentais no Ensino Médio. *Investigação em Ensino de Ciências*, Rio Grande do Sul, v. 12, n. 3, p. 305-320, 2007.
- LEVY, P. *Cibercultura*. São Paulo: Ed. 34, 2010.
- LOWE, D.; NEWCOMBE, P.; STUMPERS, B. Evaluation of the Use of Remote Laboratories for Secondary School Science Education. *Research in Science Education*, v. 43, pp. 1197–1219. 2013.
- MA, J.; NICKERSON, J. V. Hands-on, simulated, and remote laboratories. *ACM Computing Surveys*, v. 38, n. 3, p. 1–24, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1145/1132960.1132961>. Acesso em: abr. 2023.
- MAMANI, N. M. *et al.* A systematic mapping about simulators and remote laboratories using hardware in the loop and robotic: Developing STEM/STEAM skills in pre-university education. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COMPUTERS IN EDUCATION (SIIE)*, 2021, Málaga, Espanha. *Proceedings...* Málaga, Espanha: IEEE, 2021. p. 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1109/SIIE53363.2021.9583622>. Acesso em: abr. 2023.
- MACLAREN, P.; WILSON, D.; KLYMCHUK, S. I See What You Are Doing: Student Views on Lecturer Use of Tablet PCs in the Engineering Mathematics Classroom. *Australasian Journal of Educational Technology*, v. 33, n. 2, p. 173-188, 2017.
- MISHRA, P.; KOEHLER, M. J. Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, v. 108, n. 6, p. 1017–1054, 2006.
- MOREIRA, M. P. C. *et al.* Contribuições do Arduíno no Ensino de Física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 35, n. 3, p. 721-745, dez. 2018.

ROZA, J.; VEIGA, A.; ROZA, M.; Blended Learning: Revisão Sistemática da Literatura em Periódicos Científicos Internacionais (2015 - 2018). **Educação em Revista [online]**. 2020, v. 36. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-223402>. Acesso em: abr. 2023.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de Alfabetização Científica e o padrão de Toulmin. **Ciência e Educação**, v. 17, p. 97-114, 2011.

SOUZA, G. F. **Utilização do laboratório remoto no ensino fundamental como uma ferramenta de ensino por investigação**. 2019. 141f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Física Gleb Wataghin, Campinas, SP. DOI: <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2019.1141250>. Disponível em: <https://hdl.handle.net/20.500.12733/1639460>. Acesso em: 11 set. 2023.

TOURAINÉ, A. **Crítica da Modernidade**. Petrópolis: Vozes, 1994.

TULHA, C. N.; CARVALHO, M. A. G. de; COLUCCI, V. R. Uso de Laboratórios Remotos no Brasil: uma revisão sistemática. **Informática na educação: teoria & prática**, Porto Alegre, v. 22, n. 2, 2019.

ZACHARIA, Z. C. *et al.* Identifying potential types of guidance for supporting student inquiry when using virtual and remote labs in science: a literature review. **Educational Technology Research and Development**, v. 63, p. 257–302, 2015.