

LABORATÓRIO DE EXPERIMENTAÇÃO REMOTA: UMA ATIVIDADE INVESTIGATIVA PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E CRÍTICA DA FOTOSÍNTESE

REMOTE EXPERIMENTATION LABORATORY: INQUIRY ACTIVITY FOR LEARNING MEANINGFUL OF PHOTOSYNTHESIS

LABORATORIO DE EXPERIMENTACIÓN REMOTA: UNA ACTIVIDAD INVESTIGATIVA PARA EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO CRÍTICO DE LA FOTOSÍNTESIS

Ivana Elena Camejo Aviles¹, Eduardo Galembeck², Julia Flores Espejo³

Resumo

O Laboratório de Experimentação Remota tem o potencial de ensinar sobre o processo epistemológico, problemático e social de construção do conhecimento científico, fundamental para a consolidação da alfabetização científica, bem como o desenvolvimento da metacognição. O objetivo foi desenvolver, com uma abordagem multidisciplinar, a estrutura do laboratório remoto sobre fotossíntese, propondo sua integração e utilização em sala de aula por meio de uma abordagem didática investigativa. Os resultados desta pesquisa interdisciplinar para a construção do experimento remoto de fotossíntese derivaram em: determinação dos componentes físicos e biológicos do experimento remoto; organização e usabilidade de Arduino e Raspberry Pi com base no seu desenvolvimento no Servidor do Laboratório de Tecnologia Educacional; inserção e disponibilização do experimento remoto no Sistema de Gerenciamento do laboratório; proposta de ensino de fotossíntese como uma atividade investigativa com laboratórios remotos. Neste experimento de fotossíntese, é possível observar e medir variáveis como: intensidade luminosa; porcentagem de umidade; variações da massa do material biológico; temperatura do ar, entre outras. Os próximos desafios visam a que este e outros experimentos remotos desenvolvidos pelo Laboratório de Tecnologia Educacional possam ser utilizados para aumentar as possibilidades de ensino de ciências e biologia nas escolas públicas em Campinas e regiões, aumentando os seus níveis de inclusão, democratização e acesso gratuito à experimentação didática.

Palavras-chave: Ensino de Ciências; Fotossíntese; Experimentação Remota; Enfoque Investigativo; Metacognição.

¹ Doutora em Ensino de Ciências e Matemáticas pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Campinas, SP - Brasil. Professora de Ensino de Biologia da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Campinas, SP - Brasil. **E-mail:** ivanae@unicamp.br

² Doutor em Biologia Funcional e Molecular pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Campinas, SP - Brasil. Professor Titular na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Campinas, SP - Brasil. **E-mail:** ieecanavu@gmail.com

³ Doutora em Ensino das Ciências pela Universidade de Burgos, Espanha. Professora de Bioquímica da Universidade Pedagógica Experimental Libertador. Caracas, VE. **E-mail:** ivanacamejo_18@hotmail.com

Abstract

The Remote Experimentation Laboratory has the potential to teach about the epistemological, problematic, and social processes involved in the construction of scientific knowledge, which are essential for consolidating scientific literacy, as well as fostering the development of metacognition. The objective was to develop, with a multidisciplinary approach, the structure of a remote laboratory focused on photosynthesis, proposing its integration and use in the classroom through an investigative didactic approach. The results of this interdisciplinary research for the construction of the remote photosynthesis experiment included: determining the physical and biological components of the remote experiment; organizing and utilizing Arduino and Raspberry Pi based on their development in the Educational Technology Laboratory Server; inserting and making the remote experiment available in the laboratory's Management System; and proposing photosynthesis teaching as an investigative activity using remote laboratories. In this photosynthesis experiment, it is possible to observe and measure variables such as light intensity, humidity percentage, variations in the mass of biological material, air temperature, among others. Future challenges aim to ensure that this and other remote experiments developed by the Educational Technology Laboratory can be used to expand the possibilities of teaching science and biology in public schools in Campinas and nearby regions, promoting higher levels of inclusion, democratization, and free access to didactic experimentation.

Keywords: Science Teaching; Photosynthesis; Remote Experimentation; Investigative Approach; Metacognition.

Resumen

El Laboratorio de Experimentación Remota tiene el potencial de enseñar sobre el proceso epistemológico, problemático y social de construcción del conocimiento científico, fundamental para la consolidación de la alfabetización científica, además de favorecer el desarrollo de la metacognición. El objetivo fue desarrollar, con un enfoque multidisciplinario, la estructura de un laboratorio remoto centrado en la fotosíntesis, proponiendo su integración y utilización en el aula mediante un enfoque didáctico investigativo. Los resultados de esta investigación interdisciplinaria para la construcción del experimento remoto sobre fotosíntesis incluyeron: la determinación de los componentes físicos y biológicos del experimento remoto; la organización y aplicación de Arduino y Raspberry Pi, basándose en su desarrollo en el Servidor del Laboratorio de Tecnología Educativa; la inserción y disponibilidad del experimento remoto en el Sistema de Gestión del laboratorio; y la propuesta de enseñanza de la fotosíntesis como una actividad investigativa con laboratorios remotos. En este experimento de fotosíntesis es posible observar y medir variables como la intensidad lumínica, el porcentaje de humedad, las variaciones en la masa del material biológico, la temperatura del aire, entre otras. Los próximos desafíos buscan garantizar que este y otros experimentos remotos desarrollados por el Laboratorio de Tecnología Educativa puedan ser utilizados para ampliar las posibilidades de enseñanza de ciencias y biología en las escuelas públicas de Campinas y sus alrededores, promoviendo mayores niveles de inclusión, democratización y acceso gratuito a la experimentación didáctica.

Palabras clave: Enseñanza de Ciencias; Fotosíntesis; Experimentación Remota; Enfoque Investigativo; Metacognición.

1 INTRODUÇÃO

Pesquisadores em Didática das Ciências, como Fourez (2003), destacam a forma pouco confiável como os professores de ciências ensinam nas escolas, afirmando que o conhecimento é transmitido a partir de uma fonte de autoridade – o livro didático ou o professor – e que esse conhecimento deve ser recebido de forma inquestionável pelo aluno. Essa metodologia de ensino tradicional está relacionada à preparação universitária deficiente e descontextualizada para enfrentar o desafio real dos contextos escolares atuais, além de ter que lidar com suas próprias particularidades profissionais, como as pressões administrativas das escolas, o número de horas de aula por dia, a disponibilidade de tempo, poucas ofertas de formação continuada em didática das ciências, pressões do currículo, a tendência conteudista do ensino, entre outros.

Nesse sentido, Borges (2004), Fourez (2003), Acevedo-Díaz (2007), Flores, Caraballo e Moreira (2009) e Barolli, Laburu e Guridi (2010) insistem que o laboratório didático de ciências mantém um enfoque de ensino no qual os alunos realizam trabalhos em pequenos grupos, seguindo instruções de um manual inalterável de exercícios e atividades práticas que envolvem observações e medidas sobre processos e fenômenos, tudo previamente determinado pelo professor.

Nesse complexo cenário de ensino das ciências, é fundamental atender às recomendações de especialistas como Greca e Meneses (2017), Moreira (2011) e Lopez Cerezo (1999) sobre a necessidade urgente de revisar radicalmente a forma como as ciências estão sendo ensinadas nas escolas, com o intuito de contribuir eficazmente para o processo de formação de cidadãos cientificamente alfabetizados, através de abordagens de ensino das ciências que facilitem a alfabetização científica, que estimulem vocações científicas e tecnológicas entre os jovens, bem como o desenvolvimento do pensamento crítico e metacognição sobre os avanços, aplicações e implicações das ciências, a valorização das tecnologias na sociedade e no ambiente, consolidando, assim, um pensamento democrático e crítico com relevância social (Lopez Cerezo, 1999).

Nesse sentido, esta pesquisa de inovação didática propõe valorizar as potencialidades das atividades experimentais como um marco diferencial e próprio do ensino das ciências, levando em conta a natureza complexa das relações dinâmicas existentes entre os domínios teóricos e metodológicos do conhecimento científico, assim como a influência dos modelos teóricos no design e desenvolvimento metodológico. Essas relações são constantemente negligenciadas no ensino tradicional, tornando-se essencial abordá-las.

É fundamental adotar uma abordagem de ensino das ciências no laboratório didático que evidencie essas relações, ou seja, enfoques de ensino orientados para a resolução de problemas reais, pesquisa, investigação, com atividades de laboratórios reais, abertas, que aproximem os alunos de uma forma mais realista de Ciência (Fourez, 2003; André, Meneses e Pesa, 2007; Azevedo, 2007).

Com a intenção de oferecer às escolas públicas o apoio para desenvolver atividades experimentais, amplamente limitadas pelas marcadas deficiências e carências na estrutura física dos laboratórios convencionais de ensino das ciências, esta pesquisa de inovação didática assume as vantagens dos Laboratórios de Experimentação Remota, devido às suas amplas potencialidades didáticas, especificamente dos laboratórios remotos do Laboratório de Tecnologia Educacional, LTE construídos no Instituto de Biologia, e do projeto Animáculo, com apoio financeiro da FAPESP, para construir uma proposta didática baseada no laboratório didático de ciências, com abordagem remota e investigativa para ensinar fotossíntese.

Dessa forma, os Laboratórios Remotos são conceitualizados nesta pesquisa de inovação didática como estratégias educacionais inovadoras, gratuitas, inclusivas, de livre acesso, com

potencial para auxiliar o processo de ensino e aprendizagem das ciências, através da oferta de um variado grupo de atividades experimentais desenvolvidas em tempo real e que, inseridas em enfoques de ensino baseados em pesquisa, investigação e resolução de problemas, contribuiriam consideravelmente para o processo de ensino de uma ciência explícita, conduzindo na direção de um aprendizado sobre a natureza das ciências e o conhecimento científico consistente com os consensos atuais, e, conseqüentemente, para a alfabetização científica (Camejo e Galembeck, 2021).

Assim, esta pesquisa de inovação didática visa desenvolver, com uma abordagem multidisciplinar, a estrutura do laboratório remoto sobre fotossíntese, propondo sua integração e utilização em sala de aula por meio de uma abordagem didática investigativa. O objetivo é que os Laboratórios Remotos sejam reconhecidos como estratégias eficazes para democratizar o ensino das ciências, com o potencial de auxiliar no desenvolvimento da experimentação, inicialmente em escolas públicas de Campinas e regiões próximas, preferencialmente integrados aos processos de planejamento escolar com enfoques baseados na resolução de problemas.

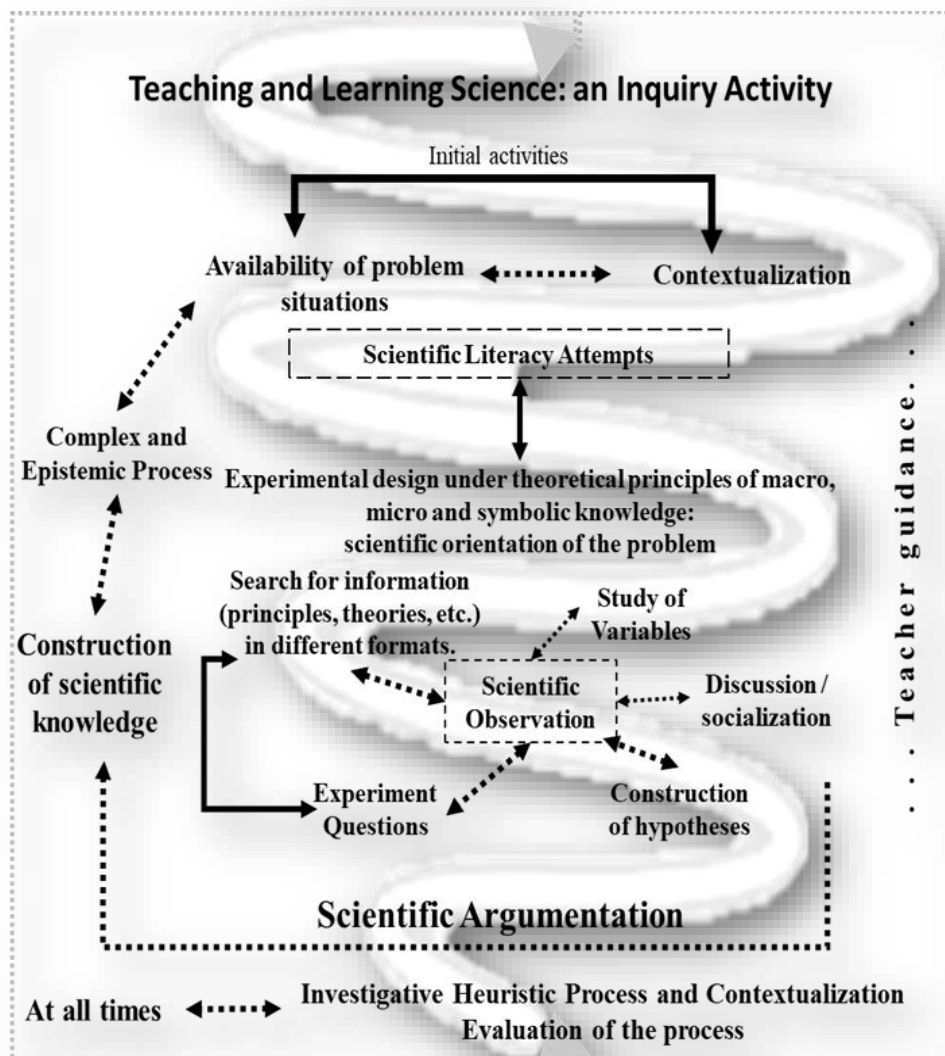
2 Ensino das Ciências como uma atividade de resolução de problemas com Laboratórios de Experimentação Remota

Concordamos com a necessidade de promover metodologias de ensino baseadas na resolução de problemas reais, contextualizados, centrados na pesquisa (Zómpero e Luburú, 2011; Gil e Valdés, 1996), direcionadas como atividade de ensino e aprendizagem das ciências, assim como nas atividades de indagação, com o objetivo de oferecer um panorama amplo e real sobre como os cientistas estudam o mundo natural e oferecem explicações baseadas em seus pressupostos teóricos e evidências de seus trabalhos. Pensando na formação inicial e continuada do professor de ciências, eles teriam a oportunidade de desenvolver um pensamento crítico sobre as ciências, sobre os processos de produção do conhecimento científico, assim como as possibilidades de desenvolver uma posição central na avaliação das potencialidades e implicações sociais das ciências e das tecnologias.

Portanto, esta pesquisa reconhece as contribuições dos enfoques investigativos e de indagação, baseados na resolução de problemas durante o processo de ensino e aprendizagem das ciências, os quais potencialmente aumentam o desenvolvimento do pensamento crítico dos estudantes, como um aspecto fundamental da educação científica, sendo possível reconhecer neles componentes metacognitivos como a capacidade de classificar, estabelecer comparações multicausais, medir, descrever, observar, prever e formular hipóteses, elaborar modelos de representação, analisar, refletir, elaborar conclusões, socializar resultados, entre outros que, em conjunto, somam esforços no processo de alfabetização escolar e de democratização científica.

A Figura 1 representa uma síntese da interpretação e perspectiva investigativa assumida pelos autores nesta pesquisa de inovação didática sobre didática das ciências experimentais.

Figura 1: Ensino das ciências como uma atividade investigativa



Fonte: os autores)

1.2. Laboratórios de Experimentação Remota no Ensino das Ciências

Como parte dos desafios no ensino das ciências em laboratórios didáticos, os professores enfrentam sérias limitações relacionadas à disponibilidade de espaços, ambientes, materiais, utensílios, reagentes e equipamentos essenciais para realizar atividades experimentais escolares. De fato, Rochadel e Bento da Silva (2013, 2016) afirmam que, 90% dos professores de ciências das escolas públicas não realizam atividades práticas experimentais devido à sua formação inicial ou continuada, à ausência parcial ou total de laboratórios didáticos e de equipamentos ou reagentes.

O objetivo da incorporação dos Laboratórios de Experimentação Remota nas estratégias de ensino das ciências com enfoques investigativos é potencialmente melhorar a qualidade do ensino das ciências nas escolas públicas de Campinas por meio do que chamamos de processo de democratização do ensino das ciências. Esse processo é materializado pela incorporação de experimentos remotos gratuitos e de livre acesso, disponíveis para professores e estudantes, com a finalidade de reduzir as deficiências associadas à ausência de experimentação nas escolas públicas.

A ideia de desenvolver enfoques educativos que facilitem a alfabetização científica em Ciência, Tecnologia e Sociedade é estimular e consolidar nos jovens a vocação para o estudo das ciências e das tecnologias, assim como promover o desenvolvimento do pensamento crítico e da metacognição sobre os avanços, aplicações e implicações das ciências e das tecnologias na sociedade e no ambiente. Dessa forma, busca-se consolidar um pensamento crítico e democrático com relevância social (Lopez Cerezo, 1999).

Assim, o ambiente de desenvolvimento do Laboratório de Experimentação Remota foi o Laboratório de Tecnologia Educacional, do IB da Unicamp, que possui acesso livre e público através de dispositivos móveis com internet. Por meio deste Laboratório de Experimentação Remota, é possível promover o desenvolvimento de habilidades metacognitivas científicas como observação, medição, estudo e interpretação de processos e fenômenos que ocorrem em tempo real. Nesse sentido, os estudantes podem acompanhar as oscilações naturais de variáveis que influenciam processos naturais, como: intensidade da energia luminosa, porcentagem de umidade, variações de massa, temperatura do ar e do solo, crescimento de material biológico, observação de fenótipos silvestres e selvagens, entre outras, a partir de medições realizadas continuamente sobre diversos materiais biológicos em condições controladas de laboratório.

A ideia é apresentar ao vivo essas variações com base em parâmetros estatísticos básicos fornecidos na interface do usuário, com base nas medições realizadas no experimento, fundamentais para a compreensão de processos e fenômenos naturais como, por exemplo, a fotossíntese.

2 METODOLOGIA

Nesta pesquisa de inovação didática, a sala de aula é conceituada como um ambiente fértil e complexo, com todas as potencialidades para desenvolver diversas investigações na área de ensino e aprendizagem das ciências. Assim, adota-se uma abordagem qualitativa interpretativa que, de acordo com Guba (1990) e Monteagudo (2000), citados por Alves-Mazzotti e Gewandsznajder (2003), promove o desenvolvimento dialógico, metodológico e transformador acerca das potencialidades da experimentação didática no ensino das ciências. Nesse sentido, o desenvolvimento de diversos estudos requer processos de triangulação metodológica com base em vários parâmetros e testes estatísticos, os quais, segundo Denzin (1988, p. 318, citado por Moreira, 2011), facilitariam a utilização de diversos métodos, superando, assim, as fraquezas

inerentes ao uso de um único método ou à aplicação de um instrumento de coleta e análise de informações.

Nesse contexto, são detalhadas as fases de desenvolvimento didático-metodológico desta pesquisa: Fase de construção multidisciplinar do experimento remoto no LTE e Fase de construção da didática das Ciências explícitas, com apoio nos Laboratórios Remotos.

O momento de construção da sequência didática de ensino das ciências baseada na experimentação remota com os recursos do LTE prioriza o desenvolvimento de atividades experimentais inseridas em uma estratégia de ensino das ciências construtivista, relativista e explícita, através da implementação do Enfoque Investigativo. Este é conceituado nesta proposta como um tipo de abordagem baseada na resolução de problemas contextualizados, de origem social ou sociocientífica, que estão em consonância com os fundamentos da Teoria do Aprendizagem Significativa Crítica, com o objetivo de oferecer condições, características, tipos e formas para facilitar a aprendizagem em sala de aula, com especial atenção aos processos de compreensão, aquisição, assimilação e retenção de aprendizagens construídas de forma problemática e contextualizada.

3 RESULTADOS

3.1 *Construção multidisciplinar do experimento remoto: um exemplo sobre Fotossíntese*

Neste experimento, é possível observar e estudar variáveis determinantes no processo fotossintético, tais como a intensidade da energia luminosa, o percentual de umidade, variações na massa do material biológico e do substrato, e a temperatura do ar, entre outras. Essas variáveis são monitoradas a partir de medições contínuas realizadas em uma planta sob condições controladas de laboratório.

O objetivo é apresentar essas variações em tempo real com base nos parâmetros estatísticos disponíveis na interface do usuário, fundamentados nas medições realizadas durante o experimento, o que é crucial para a compreensão do processo fotossintético.

O experimento foi projetado para facilitar a transição entre os diferentes níveis de complexidade e para ajudar na compreensão do processo fotossintético, auxiliando o professor de ciências em seu processo de transposição didática nos níveis de ensino fundamental, médio e superior.3.2

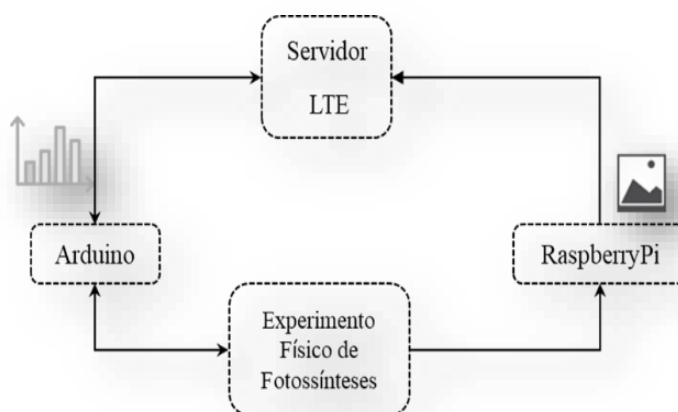
3.2. *Âmbito de Desenvolvimento e Organização do Experimento Remoto sobre Fotossíntese*

Este experimento remoto foi desenvolvido no LTE, com acesso público e aberto através de dispositivos móveis e convencionais com conexão à internet. A implementação baseou-se em uma estrutura básica de hardware e software, composta por três módulos: o módulo Servidor do LTE que mantém comunicação bidirecional em tempo real com o Arduino e unidirecional com

o Raspberry Pi. O módulo de Interface do Usuário, desenvolvido no sistema de gestão e administração de experimentos, é o módulo do experimento físico que contém os detalhes de seus componentes.

A Figura 2 apresenta um esquema geral da organização/estrutura no Laboratório Remoto de Fotossíntese.

Figura 2: Organización del experimento remoto sobre Fotosíntesis (fuente: los autores).



Fonte: os autores

3.3. Servidor do LTE e Sistema de Gerenciamento do Experimento Remoto

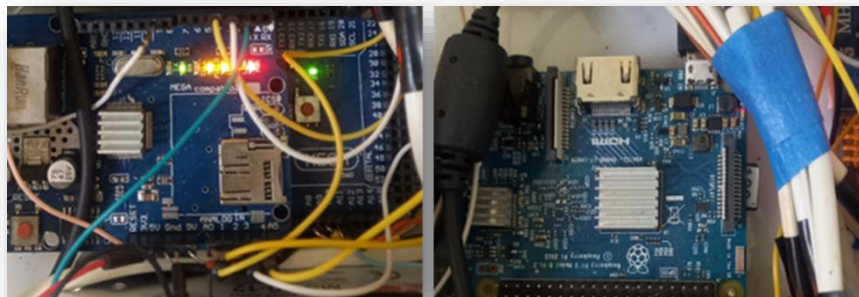
O servidor LTE utiliza o PHP no back-end para facilitar a programação, enquanto o MySQL é usado para o gerenciamento da base de dados. O framework empregado é o Smarty, escolhido por sua simplicidade no uso. No front-end, foram utilizados HTML, CSS, JavaScript e jQuery para criar uma interface de usuário interativa e acessível.

3.4. Usabilidade de Arduino e Raspberry-Pi no Experimento Remoto

O servidor do LTE utiliza o PHP no back-end para facilitar a programação, enquanto o MySQL é usado para o gerenciamento da base de dados. O framework empregado é o Smarty, escolhido por sua simplicidade no uso. No front-end, foram utilizados HTML, CSS, JavaScript e jQuery para criar uma interface de usuário interativa e acessível.

DOI: 10.46667/renbio.v17i2.1173

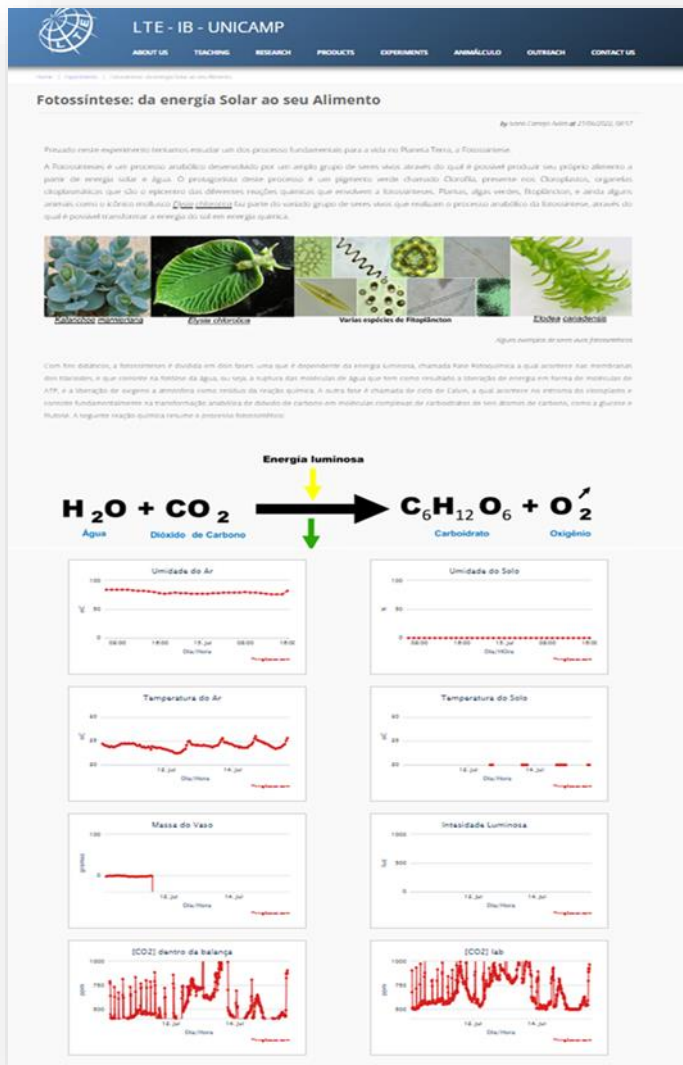
Figura 3. Placa de Arduino (à esquerda) e Raspberry-Pi (à direita) no experimento remoto de fotossíntese.



(Fonte: os autores)

A gestão do streaming é realizada pela Raspberry Pi em formato JPG disponível em tempo real na interface do usuário. Assim, utiliza-se a Raspberry Pi como geradora de imagens através da rede das duas câmeras associadas ao experimento. Os comandos são programados com acesso IP e enviados unidirecionalmente ao servidor central do LTE através do protocolo de comunicação HTTP. A figura 4 representam a tela inicial do experimento e a interface do usuário. Utilizam-se 2 câmeras web com conexão USB conectadas à Raspberry Pi.

Figura 4. Tela inicial do experimento de fotossíntese na página web do LTE com detalhes da interface de usuários.

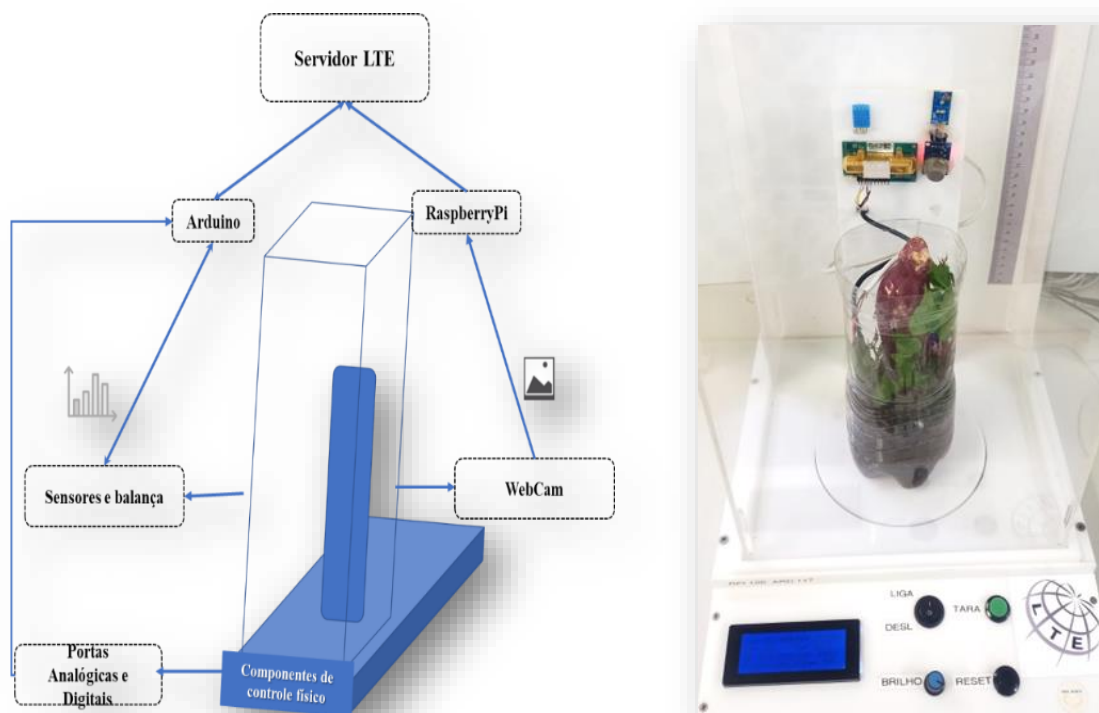


(Fonte: os autores)

3.5 Componentes Físicos do Experimento Remoto de Fotossíntese

A estrutura física do experimento de fotossíntese é composta por: uma base com uma coluna de material acrílico com tampa, os microcontroladores Arduino e Raspberry Pi, uma balança, sensores para monitoramento das variáveis, duas câmeras e o material biológico. A Figura 5 representa um esquema dos componentes integrados no experimento físico de fotossíntese, assim como uma foto do experimento físico de fotossíntese.

Figura 5. Design dos componentes integrados (à esquerda) e fotografia do experimento remoto de fotossíntese (à direita).



Fonte: os autores

Na Figura 5 que o design possui pelo menos três componentes principais. A base de acrílico branco da qual emerge uma coluna do mesmo material está acoplada à balança, e às placas Arduino e Raspberry Pi. No lado esquerdo está instalado o sensor externo de concentração de CO₂. Na coluna de acrílico que emerge da base, foram instalados sensores para monitorar as variáveis, assim como uma fita métrica de 40 cm para acompanhar o crescimento do material biológico. A tampa de acrílico transparente mede 55 cm de altura, 30 cm de largura e 40 cm de comprimento. Seu uso cria uma cápsula de isolamento parcial para o material biológico durante o experimento, permitindo o controle das variáveis de umidade do solo, concentração de CO₂ e temperatura interna.

O LTE desenvolveu, sob demanda, e disponibilizou outros experimentos remotos no site <https://www.lte.ib.unicamp.br/portal/> para contribuir com o ensino das ciências. Estes incluem: mitose em células de *Allium cepa*, observação de fenótipos selvagens e mutantes de *D. melanogaster*, titulação e pH, formas de vida microscópicas em aquário, observação de células e tecidos, terrário e ecossistemas, ciclo de vida da mosca da fruta *D. melanogaster*, taxonomia e sistemática vegetal e de insetos.

3.6 O material biológico do experimento remoto sobre Fotossíntese

A planta *Ipomoea batatas* (L.) Lam foi selecionada para este experimento com base em critérios de fácil acesso, requisitos básicos para seu processo de manutenção no laboratório, bem como seu potencial para a contextualização do ensino das ciências, dada sua relevância no contexto cultural e culinário no Brasil. A Figura 6 mostra uma foto do material biológico utilizado no experimento.

Figura 6. *Ipomoea batatas* (L.) Lam usada no experimento remoto de Fotossíntese.



Fonte: os autores.

3.7 Proposta de Ensino de Fotossíntese como atividade investigativa com Suporte em Laboratórios Remotos

A conceituação deste experimento remoto parte das potencialidades do laboratório didático de ciências para ensinar aspectos teóricos e metodológicos da Biologia a partir de uma perspectiva problemática, contextualizada e investigativa (Camejo e Galembeck, 2017). Dessa forma, a didática segue um enfoque baseado na resolução de problemas, onde não apenas são apresentados e estudados aspectos fundamentais da fotossíntese, mas também se pretende que os alunos aprendam sobre o processo de produção do conhecimento científico, da mesma forma que se acredita que o conhecimento científico é construído, promovendo assim a alfabetização científica por meio do desenvolvimento de processos e habilidades essenciais na ciência, como observação, formulação de perguntas, busca de informações de qualidade, formulação e testagem de hipóteses e argumentação.

O experimento começa com a tentativa de contextualizar a fotossíntese como um processo fundamental para a vida no planeta Terra, através da escolha de uma planta para o desenvolvimento do experimento que faz parte da cultura culinária do Brasil a batata-doce *Ipomoea batatas* (L.) Lam (ver Figura 6). Nesta tentativa de contextualização, também são contrastadas algumas ideias errôneas comumente associadas à fotossíntese, como a crença de que este processo é realizado exclusivamente pelas plantas. Nesse sentido, são apresentadas algumas fotografias de seres vivos além das plantas que realizam o processo fotossintético. Incertezas e exceções são trabalhadas como elementos recorrentes que fazem parte do processo de construção do conhecimento científico, com o objetivo de agregar elementos ao processo de uma didática explícita das ciências. Sugere-se que as tentativas de contextualização sejam usadas o tempo todo como ferramentas para discussão, bem como para a externalização das ideias prévias dos alunos.

Em seguida, os conteúdos disciplinares são apresentados e relacionados nos níveis simbólico, macroscópico e microscópico do processo fotossintético, acompanhados de tentativas de promover a diferenciação programática, a abstração, a recursividade e a extrapolação dos conteúdos sobre a fotossíntese. Estabelece-se então o esquema metodológico com base na perspectiva teórica socializada para a realização de medições sobre as variáveis que têm influência direta no processo fotossintético, que são: umidade do solo, temperatura interna, tamanho (cm) da planta, intensidade luminosa e concentração de CO₂ interna e externa. Essas variáveis são apresentadas aos usuários (professores e alunos) através da interface na forma de gráficos que expressam a evolução das variáveis (eixo Y) ao longo do tempo (eixo X), como pode ser observado na Figura 7:

Figura 7. Frequência de dados gerados na medição das variáveis do experimento remoto de fotossíntese, apresentadas na interface do usuário.



Fonte: os autores

O objetivo é explorar as potencialidades do experimento remoto as ferramentas para compreender e responder às questões problemáticas de origem socioeconômica gerais que são levantadas, bem como às que possam surgir ou ser formuladas pelos alunos com a mediação do professor, priorizando o processo de análise, socialização e interpretação das informações.

Assim, a partir das medições das variáveis sistematizadas na forma de gráficos, foram elaboradas uma série de perguntas gerais com o propósito didático de relacionar e problematizar essas variáveis e sua influência no processo fotossintético.

As discussões socializadas e a formulação de novas perguntas derivadas dessa fase devem ser priorizadas e orientadas à busca de informações úteis para que os alunos possam responder às suas dúvidas. No entanto, sugere-se que haja uma mediação parcial por parte do docente, que pode disponibilizar materiais educacionais em diferentes formatos e com um alto nível acadêmico para auxiliar no processo de ensino e aprendizagem da fotossíntese.

Como parte das ações para aprofundar a compreensão do processo fotossintético, sugere-se acompanhar o experimento por meio de pelo menos 5 observações criteriosas realizadas a cada 4 dias, considerando o comportamento e a evolução das variáveis do experimento. Assim, os alunos devem construir coletivamente hipóteses teóricas e contras-talhas com as hipóteses experimentais, verificando, ao longo das observações e do acompanhamento da evolução do experimento remoto, se essas hipóteses serão refutadas ou aceitas. A fase de construção de hipóteses está disponível na interface do usuário do experimento através do seguinte questionário elaborado no Google Forms.

Nessa perspectiva, a avaliação foi concebida como um processo contínuo e holístico, alinhado com as tendências construtivistas atuais (Novak, 2011; Flores, 2018), onde os alunos são valorizados como aprendizes ativos e responsáveis por seu aprendizado, permitindo ao professor guiá-los para a consolidação de um aprendizado significativo. Isso se dá por meio do desenvolvimento da capacidade de resolução de problemas nas diferentes fases do experimento, incluindo a possibilidade de extrapolar reflexões críticas sobre a fotossíntese como processo fundamental para a manutenção da vida na Terra.

Por fim, a Figura 8 representa um mapa conceitual como uma ilha de racionalidade sobre os elementos didáticos assumidos no processo de implementação do enfoque investigativo, com o objetivo de promover o aprendizado significativo sobre a fotossíntese. Isso favorece, em todo momento, a alfabetização científica por meio do desenvolvimento de processos e habilidades fundamentais, como observação, formulação de perguntas, busca de informações de qualidade, formulação e verificação de hipóteses, bem como discussão e socialização das informações.

desenvolvimento de visões e crenças adequadas sobre as Ciências, abordando o processo de alfabetização científica e valorizando as complexidades do processo de construção do conhecimento científico como um processo humano e social, sem cair em banalizações, trivializações ou simplificações que poderiam apresentar uma visão desfigurada das ciências.

Os pesquisadores reconhecem a necessidade de propor estratégias de inovação didática para atender às enérgicas recomendações de pesquisadores como Palmero, Caballero e Moreira (2011) sobre a necessidade de oferecer, durante a formação inicial e continuada dos professores de ciências, espaços acadêmicos para compreender a essência dos referenciais teóricos psicológicos construtivistas. Isso ajudaria a entender a complexidade do ensino e da aprendizagem das ciências em sala de aula, nas mesmas proporções em que esperamos que os futuros professores atuem em suas escolas.

A equipe multidisciplinar do LTE continua trabalhando intensamente em três direções: oferecer diferentes experimentos remotos com fins didáticos, projetados para fornecer educação científica gratuita, explícita e de qualidade às escolas públicas de Campinas; oferecer estratégias para a formação inicial e contínua de professores de ciências em abordagens didáticas concomitantes ao construtivismo, relativismo e enfoque investigativo, através da indagação e resolução de problemas; e auxiliar professores, alunos e outros atores do processo educativo no uso da Plataforma de Gestão de Usuários dos Laboratórios de Experimentação Remota do LTE como uma ferramenta didática de alto nível no processo de democratização do ensino e aprendizagem das ciências..

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Processo nº 2016/05243-7.

REFERÊNCIAS

ANDRES, M.; PESA, M.; MOREIRA, M. A. El trabajo de laboratorio en cursos de física desde la teoría de campos conceptuales. **Ciências & Educação**, [S.l.], v. 12, n. 2, p. 129-142, 2006.

ACEVEDO-DÍAZ, José. El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, [S.l.], v. 5, n. 2, p. 133-169, 2007a. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92050202>. Acesso em: 14 jun. 2022.

ACEVEDO-DÍAZ, José; VÁSQUEZ-ALONSO, Ángel; MANASSERO-MAS, María; ACEVEDO-ROMERO, Pilar. Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: aspectos epistemológicos. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, [S.l.], v.

4, n. 2, p. 202-225, 2007b. Disponível em:

<https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3801>. Acesso em: 21 mai. 2022.

AUSUBEL, D. **The psychology of meaningful verbal learning**. New York: Grune & Stratton, 1963; 2005.

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (org.). **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

BARBERÁ, O.; VALDÉS, P. El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. **Enseñanza de las Ciencias**, [S.l.], v. 14, n. 3, p. 365-379, 1996. Disponível em: <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21466>. Acesso em: 14 jan. 2022.

BAROLLI, E.; LABURU, C.; GURIDI, V. Laboratorio didáctico de ciencias: caminos de investigación. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, Ourense**, v. 9, n. 1, p. 88-110, 2010. Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen9/ART6_VOL9_N1.pdf. Acesso em: [data de acesso].

BENTO, Juarez Rocha; MARCELINO, R. Utilização de NTIC's aplicadas a dispositivos móveis. **IEEE-Revista Iberoamericana de Tecnología del Aprendizaje**, [S.l.], v. 7, n. 3, p. 149-154, 2012. Disponível em: [URL]. Acesso em: 14 fev. 2022.

BORGES, A. T. Novos Rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Belo Horizonte**, v. 19, n. 3, p. 1-13, 2002. (Reeditado em v. 21, Edição Especial, nov. 2004). Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6607/6099>. Acesso em: 25 mai. 2022.

Camejo, I; Galembeck, E. Laboratório construtivista e remoto: sequência didática potencialmente significativa para a formação continuada do professor de ciências na Latinoamérica. **Enseñanza de las Ciencias, nº Extraordinario**, p. 2485-2490, 2017.

Camejo, I; Galembeck, E. Concepções epistemológicas e visões pedagógicas sobre o ensino e o aprendizado de ciências: o caso de professores do Brasil e Venezuela. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S. l.], v. 24, n. 2, p. 256-270, 2019. DOI: 10.22600/1518-8795.ienci2019v24n2p256. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/1457>. Acesso em: 24 nov. 2023.

FLORES, J.; CABALLERO, C.; MOREIRA, M. A. El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje. **Revista de Investigación**, [S.l.], n. 68, 2009.

DOI: 10.46667/renbio.v17i2.1173

FLORES, Julia; CABALLERO, Consensa; MOREIRA, Marco. Construcción de un marco teórico/conceptual para abordar el trabajo de laboratorio usando el diagrama V un estudio de caso de la UPEL/IPC. **Revista de Investigación**, [S.l.], v. 35, n. 73, 2011. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/108643/000870200.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 14 set. 2022.

FLORES, J. Evaluación del aprendizaje significativo con criterios ausbelianos prácticos. **Investigación y postgrado**, [S.l.], v. 33, n. 2, p. 8-8, 2018.

FOUREZ, G. Crise no Ensino de Ciências? **Investigações em Ensino de Ciências**, [S.l.], v. 8, n. 2, 2003.

HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las Ciencias**, [S.l.], v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994. Disponível em: <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21370/9332>.

GIL, Daniel; VALDÉS, Pablo. La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. **Enseñanza de las Ciencias**, [S.l.], v. 14, n. 2, p. 155-163, 1996. Disponível em: <https://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v14n2/02124521v14n2p155.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2022.

GRECA, Eliana; MENESES, Jesús; DIEZ, María. La formación en ciencias de los estudiantes del grado en maestro de Educación Primaria. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, [S.l.], v. 16, n. 2, p. 231-256, 2017. Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen16/REEC_16_2_4_ex1068.pdf. Acesso em: 08 dez. 2022.

HECK, Carine; COELHO, Karine; PEDRO; SCHARDOSIM, José; NARDI, Isabela; BENTO, Juarez; BILESSIMO, Simone. Experiência de Integração da Experimentação Remota No Ensino De Física Do Ensino Médio: Percepção dos Alunos. **RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 14, n. 2, 2016. DOI: 10.22456/1679-1916.70662. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/70662>. Acesso em: 12 abr. 2022.

HOFSTEIN, Avi; LUNETTA, Vincent N. The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, [S.l.], v. 52, p. 201-217, 2003. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/sce.10106>. Acesso em: 9 jun. 2022.

MOREIRA, Marco. Mapas conceptuales y aprendizaje significativo en Ciencias. **Revista Chilena de Educación en Ciencias**, [S.l.], v. 4, n. 2, p. 38-44, 2005. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/revista/7749/V/4>. Acesso em: 11 jul. 2021.

DOI: 10.46667/renbio.v17i2.1173

MOREIRA, Marco. Aprendizagem significativa crítica. **Indivisa - Boletín de Estudios e Investigación**, [S.l.], n. 6, p. 83-102, 2005, 2011; 2010. Disponível em: <http://www.fisica.ufpb.br/~romero/pdf/2007BoletinIndice.pdf> . Acesso em: 21 set. 2022.

NOVAK, J. A theory of education: meaningful learning underlies the constructive integration of thinking, feeling, and acting leading to empowerment for commitment and responsibility. **Aprendizagem Significativa em Revista**, [S.l.], v. 1, n. 2, p. 1-14, 2011.

RODRÍGUEZ, María. La teoría del aprendizaje significativo: una revisión aplicable a la escuela actual. **Revista Electrónica de Investigación e Innovación Educativa e Socioeducativa**, [S.l.], v. 3, n. 1, p. 29-50, 2011. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/revista/13177/V/3> . Acesso em: 5 mai. 2022.

ZÓMPERO, Adreia; LUBURÚ, Carlos. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos de diferentes abordagens. **Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, [S.l.], v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/ensaio/article/view/34725> . DOI: 10.1590/1.

Recebido em agosto de 2023
Publicado em outubro de 2024

Revisão gramatical realizada por: Ivana Camejo
E-mail: ivanae@unicamp.br