

Teste-piloto e validação de uma sequência de ensino-aprendizagem contendo protocolo de ciência cidadã de observação fenológica de árvores

RESUMO

A ciência cidadã envolve a participação do público na ciência, em projetos contendo protocolos com uma pergunta científica e que envolvem, na maioria dos casos, a coleta de dados. Esses protocolos precisam ser testados e aperfeiçoados por meio de testes-piloto. O presente trabalho tem como objetivo validar uma sequência de ensino-aprendizagem de caráter investigativo, que abrange um protocolo de ciência cidadã escolar inédito, de observação fenológica de árvores, adequado a estudantes do ensino médio. Para isso, foi realizado um teste-piloto da sequência. Os resultados obtidos evidenciaram a necessidade de mudanças no protocolo de ciência cidadã e em algumas aulas da sequência. Dentre as alterações, destacam-se: 1. Inclusão de uma etapa de orientação mais detalhada para a coleta de dados pelos estudantes; 2. Reestruturação do formulário de coleta de dados para torná-lo mais claro e objetivo e 3. Inclusão do projeto numa plataforma on-line de ciência cidadã.

PALAVRAS-CHAVE: Ciclo de vida das angiospermas. Formulário de coleta de dados. Formação dos cientistas cidadãos.

Gustavo Bellini Monteiro

bellini.gu@hotmail.com

[0000-0002-7515-8916](tel:0000-0002-7515-8916)

Secretaria Municipal de Educação de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.

Natalia Pirani Ghilardi-Lopes

natalia.lopes@ufabc.edu.br

[0000-0001-6213-8871](tel:0000-0001-6213-8871)

Centro de Ciências Naturais e Humanas (CCNH) da Universidade Federal do ABC (UFABC), Santo André, São Paulo, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

O termo ciência cidadã pode ser definido como o trabalho científico realizado conjuntamente entre cientistas profissionais e demais setores da sociedade para promover a ciência, instigar a mentalidade científica e o engajamento democrático na ciência, ajudando a sociedade a lidar racionalmente com problemas modernos complexos (Ceccaroni; Bowser; Brenton, 2017).

Os projetos de ciência cidadã utilizam protocolos e são guiados por uma pergunta científica, a qual demanda a coleta, análise e interpretação de dados para ser estudada. Em projetos do tipo contributivos e colaborativos (Shirk *et al.*, 2012), os protocolos são criados pelos cientistas e especificam por que, quando, onde e como esses dados devem ser coletados e devem ser fáceis de executar, expostos de maneira clara e direta e devem ser envolventes para os participantes (Bonney *et al.*, 2009). Para que isso ocorra, é fundamental que esses protocolos sejam validados por meio de testes-piloto, assim como ocorre para quaisquer protocolos de pesquisa científica. Nestes testes, geralmente se verifica a eficiência, adequação, utilidade e clareza ao público-alvo, bem como a linguagem utilizada e como o público os percebe, permitindo, assim, que mudanças necessárias sejam incorporadas (Phillips *et al.*, 2014). Uma vez que os testes dos protocolos permitem a orientação e aprimoramento dos procedimentos executados pelos participantes, os quais muitas vezes não possuem experiência prévia em pesquisas científicas, espera-se uma maior qualidade dos dados gerados pelos cientistas cidadãos quando os protocolos validados são colocados em prática, algo crítico para qualquer projeto (Bonney *et al.*, 2009; Lewandowski; Specht, 2015).

Recentemente, tem crescido o número de projetos de ciência cidadã desenvolvidos em escolas de educação básica, pois os benefícios que eles trazem aos estudantes são muitos, destacando-se o contato com experiências práticas em investigação científica, pensamento crítico e resolução de problemas (Shah; Martinez, 2016). Nas escolas, os protocolos de ciência cidadã podem ser desenvolvidos em sequências didáticas sobre algum conteúdo escolar, seguindo algumas especificações (Shah e Martinez, 2016): 1. As perguntas científicas devem ser simples e adequadas às habilidades dos estudantes para garantir que eles possam seguir a metodologia com sucesso. 2. As atividades do projeto não devem ser excessivas para evitar desmotivação. 3. A orientação prévia na coleta de dados é essencial para evitar vieses e garantir a qualidade dos resultados. 4. Os objetivos de aprendizagem devem ser priorizados sem comprometer a qualidade do projeto. 5. A participação dos estudantes em todas as etapas do projeto é importante para maximizar as aprendizagens.

Para garantir que essas especificidades e os princípios da ciência cidadã (Robinson *et al.*, 2018) sejam atendidos nesses projetos, é fundamental que o teste-piloto aconteça. Jardim e Marcelino (2021) pontuam que a validação de uma sequência didática é uma atividade fundamental e pode contribuir significativamente para um processo de ensino e aprendizagem mais eficiente.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é validar, por meio da avaliação da aplicação de um teste-piloto, uma sequência de ensino-aprendizagem de caráter investigativo que abrange um protocolo de ciência cidadã escolar inédito, de observação fenológica de árvores, adequado ao público da 3ª série do ensino médio de uma escola pública de São Paulo (SP).

2 METODOLOGIA

Nesta seção serão apresentados os pressupostos metodológicos da pesquisa, o contexto em que ela ocorreu e as questões éticas envolvidas, a forma como a pesquisa foi conduzida para obtenção de dados e como eles foram analisados.

2.1 Pressupostos metodológicos

Essa pesquisa se caracteriza como quali quantitativa (Knechtel, 2014) e se baseou nos pressupostos da pesquisa-ação, na qual o pesquisador é interventor e agente de mudança a partir da reflexão autocrítica sobre a ação (Francesconi; De Araújo, 2020). Na presente pesquisa, o professor das turmas (e primeiro autor deste trabalho) foi o próprio agente da pesquisa e atuou na proposição de mudanças na sequência de ensino-aprendizagem desenvolvida por ele.

2.2 Contexto da pesquisa e questões éticas

Foi aplicada uma sequência de ensino-aprendizagem sobre o ciclo de vida das angiospermas (plantas que produzem flores e frutos), a qual continha um protocolo inédito de ciência cidadã escolar de observação fenológica de árvores.

Essa sequência ocorreu ao longo de 12 aulas da disciplina de biologia, com duração de 45 minutos cada, entre agosto e novembro de 2021 para 80 alunos de três turmas da 3ª série do ensino médio regular em uma escola pública estadual na região norte do município de São Paulo, SP. Foram utilizados, além das salas de aula, o pátio e o estacionamento da escola para o desenvolvimento das atividades.

A sequência teve como objetivo avaliar as aprendizagens dos estudantes no que diz respeito: 1. ao conhecimento do conteúdo sobre ciclo de vida das angiospermas, fenofases e suas relações com o ciclo de vida e polinização; 2. Ao interesse pela ciência e botânica; 3. À percepção de autoeficácia para a ciência (o quão capazes os estudantes se sentem ao colaborar com pesquisas científicas); 4. Às habilidades de investigação científica de formular hipóteses, coletar e organizar dados e tirar conclusões e 5. Aos comportamentos e atitudes em relação às plantas.

Essa pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do ABC (CEP/UFABC) (CAEE Nº 45817921.1.0000.5594). Os responsáveis dos estudantes menores de idade e os estudantes maiores de idade assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e os estudantes menores de idade assinaram o Termo de Assentimento. Nesses termos estavam especificados os riscos e benefícios da pesquisa para ciência dos participantes.

2.3 Condução da pesquisa – Teste-piloto da sequência

Aula 1: Teve início com aplicação de um questionário inicial individual com cinco perguntas abertas e seis fechadas (Disponível em: <http://tinyurl.com/yys3xwwy>), que visavam avaliar o interesse pela ciência e botânica, a percepção de autoeficácia para a ciência e comportamentos e atitudes

em relação às plantas. Após entregarem os questionários respondidos, os estudantes se dividiram em grupos e o professor explicou o conceito de hipótese e trouxe alguns exemplos de como estruturá-las. Em seguida, foi-lhes apresentada a questão-problema norteadora da sequência: “Joãozinho mora num tranquilo bairro da zona norte. Na rua de trás de sua casa há uma praça bem aberta com lindos pés de paineira (*Ceiba* sp.) que estão lotados de frutos enormes, que parecem cheios de algodão. Três vezes na semana, Joãozinho joga futebol à noite numa quadra em seu bairro. A quadra foi reformada há mais de um ano e recebeu grandes refletores de LED para deixá-la mais iluminada. Em volta da quadra também há pés de paineira, assim como os da praça, mas esses não estão com frutos, só com flores. Ao notar isso pela primeira vez, ele ficou intrigado, até porque as árvores eram da mesma espécie e tinham a mesma idade, já que foram plantadas pelos primeiros moradores do bairro, então todas deveriam estar com frutos. Joãozinho começou a se questionar: “O que poderia explicar essa diferença?” O professor, então, pediu que cada grupo redigisse uma hipótese para explicar o porquê da diferença entre as árvores dos dois locais. Os grupos entregaram as hipóteses ao final da aula.

Aula 2: O professor utilizou slides para explicar o conceito de fenologia vegetal, exemplificar as principais fenofases das angiospermas, definir o que é ciência cidadã e trazer exemplos de protocolos de projetos de ciência cidadã, com o objetivo de contextualizar a sequência aos estudantes. Em seguida, apresentou a pergunta científica do protocolo, relacionada à questão-problema: “Quais possíveis fatores influenciam na mudança da fase de floração para frutificação?” O professor destacou que os estudantes fariam observações fenológicas mensais, usando um formulário de coleta de dados, de duas árvores da escola (uma pata-de-vaca – *Bauhinia variegata*, no pátio, e uma sibipiruna – *Caesalpinia pluviosa* no estacionamento), a fim de se encontrar o fator que pudesse ser o responsável pelas flores se transformarem em frutos, o qual estaria ausente nas paineiras abordadas na questão-problema. Ao final da aula, foi apresentado o formulário de coleta de dados (Disponível em: <http://tinyurl.com/2chtztmt>) e o professor explicou brevemente como os grupos deveriam preenchê-lo durante as observações.

Aulas 3, 4, 5 e 6: corresponderam às observações fenológicas mensais das árvores. Em cada observação, os grupos preencheram o formulário de coleta de dados com informações do local (data/horário/temperatura, condições do tempo, intensidade do vento, presença de animais e interferência humana no entorno) e marcação da fenofase predominante (ou transição) em cada árvore (opções: folhagem - só folhas; entre folhagem e floração - flores no botão; floração - flores abertas; entre floração e frutificação - frutos já aparecem, flores persistem; frutificação - somente com frutos, a maioria madura). Ainda, tiraram fotos, utilizando seus próprios celulares, de cada árvore e enviaram ao professor.

Aula 7: Iniciou com a apresentação da imagem (Disponível em: <http://tinyurl.com/mtws5c2v>) contida no questionário inicial, sendo pedido que os estudantes fizessem o mesmo exercício de descrevê-la. Depois, foram apresentadas imagens de animais e plantas e foi pedido que os estudantes os nomeassem. A partir das respostas, foi apresentada a definição de impercepção botânica e suas características, o que gerou discussões sobre como as plantas passam despercebidas por nós e suas importâncias em diferentes contextos.

Aula 8: O professor apresentou o ciclo de vida das angiospermas, por meio de um vídeo, o qual foi produzido por ele e adaptado do documentário “Flores: A vida

secreta” (Disponível em: <https://tinyurl.com/ypxdx4nb>). As etapas do ciclo mostradas no vídeo foram reforçadas pela explicação do professor, o qual intercalou trechos do vídeo com pausas para comentar cada etapa do ciclo.

Aula 9: Consistiu na organização e análise dos dados coletados durante as observações fenológicas. Nessa aula, o professor, previamente, estruturou um formulário no *Google Forms*, no qual cada grupo marcou os resultados obtidos sobre as fenofases predominantes das duas árvores em cada observação realizada por eles. A partir daí, passaram a olhar os quatro fatores presentes no formulário que poderiam ser a resposta da pergunta científica: tempo/clima, vento, animais e interferência humana. Para cada observação, os grupos tinham que marcar como se encontrava cada um desses fatores e, por fim, responderam, com base no que foi obtido, qual deles foi provavelmente o responsável pelas mudanças observadas. Ao final da aula, o professor gerou gráficos com as respostas inseridas no formulário *online* e analisou uma por uma com eles, a fim de se chegar ao fator mais provável.

Aula 10: Cada grupo recebeu uma cartolina e um conjunto de cartões com imagens, termos e setas conectivas (Disponível em: <https://tinyurl.com/8hbj72ern>). Com base no que aprenderam na aula 8 e com a ajuda do professor, os grupos foram instruídos a confeccionar um painel, utilizando os cartões fornecidos, representando o ciclo de vida da pata-de-vaca, uma das espécies observadas.

Aula 11: O professor retomou a questão-problema e, a partir da discussão do fator encontrado na aula 9 (os animais), chegou-se à resposta mais provável para ela, a polinização. Depois, houve uma breve explicação sobre o que é polinização e como a iluminação artificial afeta os morcegos, revelados como os polinizadores das paineiras, mediante um estudo citado em uma reportagem de uma revista da internet (Disponível em: <https://tinyurl.com/2km49nm5>). Por fim, os grupos responderam, em uma folha, se suas hipóteses iniciais foram rejeitadas ou corroboradas e o porquê, o que gerou discussões no fim.

Aula 12: Cada estudante redigiu um pequeno texto que deveria conter obrigatoriamente os seguintes termos-chave: ciclo de vida, fenofases e polinização. Ao final, foi aplicado individualmente o questionário final, com duas perguntas abertas e sete fechadas (Disponível em: <http://tinyurl.com/n5ed6yab>), que visavam avaliar as mesmas aprendizagens contidas no questionário inicial.

2.4 Análise de dados

As produções dos estudantes em cada aula e o diário de campo do professor serviram como instrumentos para coletar dados, que foram analisados por vários métodos, visando avaliar a sequência para propor mudanças nela, validando-a.

Foi realizada análise de conteúdo para as hipóteses elaboradas pelos estudantes para a questão-problema (aula 1) e para os textos individuais produzidos (aula 12). Essa análise objetivou avaliar o quanto as hipóteses e textos estavam aderentes ao que havia sido pedido, o que indicaria a necessidade de adequações da questão-problema e do comando do exercício que solicitava a produção do texto. A análise foi dividida em três fases: pré-análise; análise do material e tratamento dos resultados; inferência e interpretação (Bardin, 2011). As produções foram lidas (1ª fase) e categorizadas a partir das unidades de contexto

(2ª fase), ou seja, as hipóteses a partir da aderência ou não à questão-problema (categorias: aderente ou não aderente) e os textos a partir da adequação ou não ao comando (categorias: adequado ou não adequado). A 3ª fase consistiu na avaliação da frequência com que as categorias apareceram.

Os questionários inicial e final foram analisados segundo o referencial de Goode e Hatt (1972), que destacam alguns sinais que indicam algo errado com o instrumento de coleta de dados e que deverão ser objeto de alterações por parte do pesquisador. Para detectar esses sinais, observaram-se tanto o enunciado das questões como as respostas dos estudantes, uma vez que a adequação das respostas ao que havia sido perguntado serve como indicador da qualidade das questões. Os pontos analisados foram: a clareza e a precisão dos termos utilizados, a forma e ordem das perguntas e a reflexão sobre o valor de cada uma, principalmente se e como estavam relacionadas aos objetivos de aprendizagem.

Foram considerados para análise os dados sobre as fenofases, uma vez que aqueles referentes às condições do tempo, vento e presença de animais variaram muito dentro de uma mesma observação. Isso ocorreu porque os dias de aulas das turmas eram diferentes e devido ao revezamento em função da pandemia de COVID-19. Foram calculadas a precisão (o quanto os dados dos grupos de estudantes variam entre si) e a acurácia (proximidade ou concordância dos dados dos estudantes com o padrão definido pelo professor) (Lewandowski; Specht, 2015), fornecendo indícios sobre o nível de qualidade desses dados, o que indica a necessidade ou não de alterações no próprio formulário e no protocolo de ciência cidadã. Em relação à precisão (P), avaliou-se primeiro cada uma das observações em cada turma, seguindo a fórmula: $P_t = (n / g) \times 100$, sendo t = turma, n = número de grupos da turma que marcaram a mesma fenofase e g = total de grupos da turma. Em seguida, foi feita a média entre esses valores de P para uma mesma observação, obtendo a média de precisão de cada observação. Por fim, a média entre os valores de precisão de cada observação gerou a média geral de precisão. Já para o cálculo de acurácia, avaliou-se primeiro cada uma das observações em cada turma, seguindo a fórmula: $A_t = (n / g) \times 100$, sendo t = turma, n = número de grupos que seguiram a marcação do professor (ou seja, que acertaram a fenofase) e g = total de grupos da turma. Em seguida, foi feita a média entre esses valores de A para uma mesma observação, obtendo a média de acurácia de cada observação. Por fim, a média entre os valores de acurácia de cada observação gerou a média geral de acurácia. Para cada valor de média, foi calculado o desvio-padrão.

O diário de campo do professor foi usado para o pesquisador captar diversas situações ou fenômenos que não são obtidos por meio apenas de perguntas, uma vez que ele vivencia o dia a dia da cultura estudada (Minayo, 2007), aspecto importante dentro de processos de pesquisa-ação (Francesconi; De Araújo, 2020). Nesse diário estavam contidas as falas espontâneas dos estudantes, questionamentos e sugestões deles em relação às aulas, percepções, reflexões e impressões do professor em relação às suas práticas e ao planejamento das aulas. Alguns registros do diário de campo aparecem na íntegra nos resultados e discussão, com a descrição seguida do termo “DC” entre parênteses. Para esses dados obtidos no diário de campo, foi realizada uma análise descritiva, que consiste em decompor os dados, verificando padrões e regularidades, e uma análise teórica, que é explicar esses padrões e regularidades gerando, dessa forma, reflexões acerca daqueles dados (Angrosino, 2007). Essas reflexões do professor

geraram propostas de mudanças das aulas da sequência e do protocolo de ciência cidadã.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Visando descrever as adequações e alterações pensadas para a validação da sequência de ensino-aprendizagem, os resultados serão apresentados por cada aula que a constitui.

3.1 Aula 1: Questão-problema, elaboração de hipóteses e questionário inicial

Das doze hipóteses formuladas pelos grupos de estudantes, seis (50%) foram consideradas pertinentes à questão-problema, pois incluíam elementos da questão que poderiam ser testados. Como exemplo, uma hipótese de um grupo da 3ª série A: “Dado que foram instaladas lâmpadas de LED na quadra, conclui-se que a luz do LED interfere na produção dos frutos”.

As outras seis hipóteses (50%) não foram consideradas pertinentes. Três delas mencionaram a reforma da quadra ou o solo cimentado como impeditivos para o desenvolvimento dos frutos, enquanto as outras atribuíram à menor exposição ao sol, diferenças nos animais e nos nutrientes das árvores ao redor da quadra em comparação com as da praça.

De acordo com Barros (2008), uma hipótese deve esclarecer efetivamente o problema estudado, mas frequentemente as hipóteses não são relevantes, como observado nas seis hipóteses que não estavam aderentes à questão-problema. Esses problemas podem ser causados por uma formulação inadequada da questão-problema, pois, como afirma Carvalho (2018), um bom problema deve permitir que as hipóteses ajudem a determinar suas variáveis.

Diante disso, decidimos reformular a questão-problema, adicionando mais dados para ajudar os estudantes a construir hipóteses relevantes. As informações adicionais incluíram: 1) a presença de uma praça aberta ao redor da quadra com paineiras, 2) que os pés de paineira estavam plantados diretamente no solo, sem concreto ao redor, e 3) que todos eram regularmente cuidados pela prefeitura, incluindo poda, rega e adubação.

Sendo assim, a questão-problema reformulada ficou da seguinte forma: “Na rua de trás da casa de Joãozinho há uma praça bem aberta com três lindos pés de paineira (*Ceiba* sp.) que estão com flores e frutos. Três vezes na semana, Joãozinho joga futebol à noite numa quadra em seu bairro. A quadra foi reformada há mais de um ano e recebeu grandes refletores de LED para deixá-la mais iluminada. Bem do lado da quadra há uma praça com outros três pés de paineira, mas esses não estão com frutos, apenas com flores. Ao notar isso pela primeira vez, Joãozinho ficou intrigado e começou a se questionar: O que poderia explicar essa diferença? Curioso que só, ele foi atrás de algumas informações, chegando a algumas constatações importantes sobre aqueles pés de paineira: 1. Eram da mesma espécie de paineira, 2. Foram plantados na mesma época, 3. Estavam plantados diretamente no solo, sem concreto em volta e 4. Eram cuidados regularmente pela prefeitura, o que inclui serviço de poda, além da rega e adubação do solo. Com

base em tudo isso, agora é a vez do grupo propor uma hipótese para explicar o porquê da diferença entre as árvores dos dois locais.”

A partir da análise do questionário inicial, aplicado ao final da aula 1, algumas questões foram incluídas, enquanto outras foram excluídas ou reformuladas.

As questões 1, 3, 4, 7 e 9 foram removidas. A decisão para excluir a questão 1 (Descreva o que você vê na imagem abaixo) e a questão 3 (Você acha que a extinção de várias espécies de plantas pode afetar sua vida? Justifique sua resposta) foi baseada em Goode e Hatt (1972), pois se afastaram dos objetivos principais, que eram focar no ciclo de vida das angiospermas. As questões 4 (O que você acha de estudar sobre as plantas?) e 7 (Você acha que ao se estudar as plantas é possível “fazer ciência”?) foram removidas devido à alta proporção de respostas superficiais (“é legal” e “não sei”), indicando uma formulação inadequada segundo Goode e Hatt (1972) e Gil (1999), que sugerem considerar o nível de conhecimento prévio dos participantes. A questão 9 (De que forma você acha que seria possível colaborar com pesquisas científicas na escola?) também foi excluída, pois a falta de experiência prévia dos estudantes com pesquisa científica dificultava a obtenção de respostas relevantes sobre a colaboração em investigações científicas escolares.

As questões 5, 8 e 10 foram reformuladas. A questão 5 (O que você gostaria de aprender sobre as plantas?) foi ajustada para solicitar aspectos específicos de interesse dos estudantes, dificultando respostas vagas (p.ex. “tudo”), incentivando respostas mais detalhadas. A questão 8 (Em uma escala de 0 a 5, o quanto você acha que é possível colaborar com pesquisas científicas na escola?) foi simplificada para uma escolha entre “sim”, “não” ou “não sei” para facilitar a expressão da percepção dos estudantes sobre sua capacidade de colaborar. Por outro lado, a questão 10 (Caso você pudesse colaborar com uma pesquisa científica, você teria interesse?) foi adaptada para usar uma escala Likert de 5 pontos, permitindo uma avaliação mais precisa do interesse dos estudantes pela ciência.

As questões 2, 6 e 11 foram mantidas inalteradas por atenderem aos critérios de Goode e Hatt (1972). Com as modificações realizadas, foi criado um novo questionário inicial com sete questões (Disponível em: <http://tinyurl.com/ynscp5fd>). Esse questionário é mais conciso, evitando a fadiga dos participantes e a possibilidade de respostas superficiais ou não respondidas, conforme apontado por Melo e Bianchi (2015). Além disso, a estrutura permite comparações com o questionário final, facilitando a avaliação da aprendizagem dos estudantes antes e depois da participação (Bonney *et al.*, 2009).

3.2 Aula 2: Explicação sobre as fenofases

Em seu diário de campo, o professor fez a seguinte observação: “Percebi que faltou um exercício no final da aula 2, por exemplo, para que os estudantes pudessem escrever o que entenderam dos conceitos apresentados na aula” (DC). Observando a ausência de um elemento avaliativo na aula e reconhecendo a importância da avaliação (Luckesi, 2011), foi proposto incluir um exercício simples ao final desta aula. Os estudantes deverão escrever a definição de fenofase e citar exemplos. Thompson *et al.* (2018) destacam a importância de os estudantes reconhecerem as características fenológicas das plantas ao coletar dados.

3.3 Aulas 3, 4, 5 e 6: Observações fenológicas

Em relação ao formulário de coleta de dados, muitas observações a seu respeito foram obtidas no diário de campo (DC), sendo as principais:

- O professor destacou o questionamento de um integrante de um grupo durante as discussões na aula 9: “Mas, professor, será mesmo que o tempo é um bom fator para avaliar? Porque a gente observou apenas o tempo em cada dia e só foram quatro dias observados” (DC).
- Em todas as observações, pelo menos dois grupos de cada turma tiveram muita dificuldade em identificar as fenofases conforme as categorias do formulário. Foram comuns dúvidas de: “Que fenofase é essa?” (DC); “Professor, como eu sei se a flor está aberta ou não?” (DC) e até mesmo dificuldade de localizar elementos da árvore, como: “Onde estão os frutos da paineira?” (DC), sendo que nesse caso o professor fez uma anotação destacando o fato de que não havia mostrado aos estudantes como eram os frutos e flores das árvores observadas, e trabalhado os conceitos na descrição das fenofases e transição (flores abertas, flores no botão e frutos maduros). Além disso, “os estudantes relataram dificuldade de enxergar a copa das árvores, seja pela altura e pelo excesso de luminosidade solar” (DC).
- Após analisar os formulários preenchidos, observou-se que todos os grupos reportaram a presença de animais no tronco das árvores, mas praticamente não notaram os visitantes florais, que não estavam especificados no formulário. O professor notou que alguns estudantes passavam vários minutos observando fixamente os detalhes do tronco, o que gerou observações do tipo: “teias de aranha formadas nas rachaduras da casca da árvore” (DC).
- Ao final das observações, o professor observou que os ambientes ao redor das árvores não mudaram e, devido à localização afastada do intenso movimento de pessoas, mudanças eram improváveis. Os estudantes também notaram esse fato durante as observações: “Professor, não mudou nada desde a última vez, está tudo igual em volta da árvore” (DC).
- O professor percebeu que no formulário os campos referentes a animais avistados, intensidade do vento e entorno das árvores eram comuns às duas árvores, o que não deveria ocorrer, já que elas estavam em ambientes diferentes: “Os estudantes tiveram dificuldade em separar as informações das duas árvores no formulário” (DC).

Considerando as necessidades de facilitar as observações dos estudantes e o preenchimento do formulário, o professor refletiu sobre possíveis melhorias. Simplificar as tarefas pode aumentar o engajamento dos cientistas cidadãos (Balázs *et al.*, 2021) e evitar a desmotivação causada por formulários confusos ou exigentes (Gommerman; Monroe, 2012). As alterações propostas incluem:

- Novo campo para registrar as condições do tempo na semana anterior à observação, permitindo uma análise mais abrangente das condições atmosféricas.
- Revisão das fenofases: substituição de termos antigos e criação de categorias mais precisas para “transição entre floração e frutificação”.
- Reformulação do campo “animais avistados”: alteração para uma pergunta direta sobre a presença de animais nas flores, com opções de resposta e um campo adicional para nomear os animais.

- Exclusão do campo “entorno das árvores”.

- Separação e detalhamento dos campos para informações gerais e observações de duas árvores, com explicações claras sobre o que deve ser registrado.

Com todas essas alterações citadas acima, foi estruturado um novo formulário de coleta de dados (Disponível em: <https://tinyurl.com/zpbt23ax>).

Em relação aos dados coletados sobre as fenofases, a acurácia média ($58\% \pm 25\%$) e a precisão média ($60\% \pm 23\%$) foram baixas e apresentaram muita variabilidade (Quadro 1), indicando que os grupos identificaram poucas vezes as fenofases corretas (baixa acurácia) e, ainda, identificaram fenofases diferentes entre si numa mesma observação (baixa precisão).

Quadro 1 – Valores médios de acurácia e de precisão, e seus respectivos desvios-padrão, dos dados de identificação das fenofases, coletados durante as quatro observações.

	Acurácia	Desvio-padrão	Precisão	Desvio-padrão
Observação 1 (n = 12)	50%	25%	58%	14%
Observação 2 (n = 12)	42%	29%	42%	38%
Observação 3 (n = 12)	89%	20%	83%	24%
Observação 4 (n = 12)	50%	25%	58%	14%
Média geral	58%	25%	60%	23%

Fonte: Autores (2024).

Esses dados contrastam com os de estudos similares, como o de Fuccillo *et al.* (2015), que evidenciaram uma acurácia de 91,5% (desvio-padrão de 4,2%), um valor considerado alto. Os resultados obtidos por estes autores reforçam que voluntários com formação por várias horas fornecem observações confiáveis ao seguirem protocolos claros e padronizados, o que não aconteceu nesta sequência e pode ter gerado os baixos valores de acurácia e precisão obtidos.

Reforçando essa ideia, algumas constatações do professor em seu diário de campo explicitam como a falta dessa formação preparatória gerou alguns problemas na execução da etapa de observação e coleta de dados.

- O professor reconheceu que não forneceu orientações específicas sobre o que os estudantes deveriam observar nas árvores, o que, combinado com a inexperiência dos alunos, resultou em “muitos grupos focando as observações em elementos não relevantes, como o tronco das árvores ou o solo ao redor delas” (DC).

- Os estudantes tiveram o primeiro contato com o formulário logo na observação 1, “não sendo suficiente a breve explicação na aula 2 que foi dada a eles” (DC) e, conseqüentemente, surgiram muitas dúvidas sobre como executar os comandos do formulário de coleta de dados.

- Mais da metade das fotos obtidas pelos grupos não apresentou um padrão de posicionamento, enquadramento e iluminação, uma vez que “não houve orientações específicas sobre como estas fotos deveriam ser tiradas” (DC). Isso dificultou as comparações e a análise das mudanças de fenofase.

Para evitar problemas em futuras aplicações da sequência, foi incluída uma aula de orientação detalhada, com os seguintes elementos:

- Projeção do formulário: O formulário de coleta de dados das fenofases será projetado e explicado em detalhe.
- Simulação em campo: O professor demonstrará como realizar as observações, focando em três aspectos principais: 1) a observação das condições do tempo no céu, 2) a análise da copa das árvores para identificar vento, folhas, flores e frutos, e 3) a identificação dos visitantes florais, utilizando binóculos se necessário.
- Padronização das fotos: Será definida uma posição, distância e enquadramento consistentes para as fotos das árvores, com um estudante de cada grupo responsável por tirar as fotos e enviá-las ao professor para garantir padronização.

Essa aula de orientação visa melhorar a qualidade dos dados coletados e a experiência dos participantes, com base em pesquisas que mostram que, com formação adequada, participantes podem realizar tarefas com a mesma eficiência que cientistas profissionais (Balázs *et al.*, 2021; Brown; Williams, 2019).

3.4 Aula 7: Discussão sobre impercepção botânica e importância das plantas

A partir da constatação do próprio professor em seu diário de campo de que essa aula “ficou desconectada das demais” (DC) e não estava relacionada aos objetivos centrais da sequência, optou-se por excluí-la. O professor reavaliou o número total de aulas para evitar que a sequência se tornasse excessivamente longa. A interação com plantas nas observações fenológicas, conforme Ro (2019), pode ser mais eficaz para superar a impercepção botânica. Além disso, a discussão sobre o ciclo de vida das plantas e a polinização, que permaneceram na sequência, pode promover um entendimento implícito da importância das plantas.

3.5 Aula 8: Vídeo explicativo sobre o ciclo de vida das angiospermas

Muitos relatos dos estudantes destacaram que, mesmo após a aula do vídeo, ainda estavam com dificuldades em entender o ciclo de vida, por “ser difícil” (DC) e “ter muitos detalhes” (DC). O próprio professor, refletindo sobre sua prática, considerou que havia “muitas informações apresentadas no vídeo” (DC) e decidiu simplificar o ciclo de vida das plantas exibido no vídeo, omitindo algumas etapas e detalhes para facilitar o entendimento dos estudantes. Apresentar uma descrição detalhada de várias etapas do ciclo pode acentuar a dificuldade e levar os estudantes a recorrerem à memorização, o que não reflete uma verdadeira aprendizagem (Achterberg; Centa; Terrazan, 2021). Esse processo de simplificação é conhecido como transposição didática, que, segundo Chevallard (1991), envolve transformar o conhecimento científico em conhecimento escolar. O professor desempenha um papel crucial nesse processo, facilitando a transposição do conhecimento científico para o ensino em sala de aula (Oliveira, 2014).

Ainda no contexto de suas reflexões acerca dessa aula, o professor considerou que faltaram outros recursos para maximizar a aprendizagem, “não sendo o vídeo apenas suficiente” (DC). Espera-se que o docente utilize múltiplas estratégias de ensino para melhorar a aprendizagem (Marcilio; Samia, 2006). Assim, além do vídeo, a aula incluirá o uso de quadro negro e slides para ilustrar as etapas do ciclo de vida das angiospermas. Isso permitirá que os estudantes registrem o ciclo de vida em seus cadernos e façam associações entre o vídeo e a explicação dada.

3.6 Aula 9: Organização e análise dos dados

Esta aula foi a que mais apresentou problemas em toda a sequência, identificados pelo professor e relatados no diário de campo, a saber:

- Apenas uma aula não se mostrou suficiente para todas as atividades previstas, que “eram muitas no pouco tempo de aula” (DC). Devido a isso, as atividades desenvolvidas tiveram que ser cronometradas e rapidamente finalizadas, o que, na visão do professor, “comprometeu a qualidade da execução” (DC).
- Somado ao pouco tempo, o fato de os estudantes não terem sido apresentados previamente ao formulário *online* fez com que tivessem muitas dúvidas sobre como submeter as informações, mesmo com a breve explicação inicial do professor, “fazendo com que estas etapas durassem mais do que o previsto” (DC).
- As imagens da árvore selecionadas pelo professor em quatro momentos e inseridas no formulário *online* “não estavam com boa qualidade” (DC). Elas tinham como objetivo que os grupos identificassem a proporção de flores e frutos na árvore pata-de-vaca, que apresentou mudanças de fenofase durante três meses, transitando de floração para frutificação. Embora as fotos fossem precisas para captar eventos fenológicos importantes (Crimmins; Crimmins, 2008), a visualização foi comprometida devido à distância e à luminosidade excessiva, dando a falsa impressão de que a árvore permaneceu inalterada.
- As discussões sobre qual fator poderia ser responsável pelas mudanças nas proporções de flores e frutos na pata-de-vaca foram prejudicadas, pois “os gráficos gerados a partir das respostas do formulário *online* estavam muito variados e discrepantes” (DC), devido às observações em uma mesma turma terem ocorrido em dias diferentes (em decorrência do revezamento de estudantes), o que altera fatores como condições do tempo e intensidade do vento. Isso impossibilitou a identificação de um fator principal que fosse o responsável pela frutificação. Dessa forma, sem ter uma resposta definida que partisse dos estudantes, o professor “teve que induzi-los a chegar à conclusão de que seriam os animais o fator responsável pela frutificação, graças à ocorrência da polinização” (DC).

Neste cenário, foram propostas as seguintes alterações:

- Estruturação do protocolo na plataforma *Anecdata* (Disponível em: <https://www.anecdata.org/projects/view/1061>): Os estudantes deverão submeter seus dados coletados na plataforma *Anecdata*, que será explicada e simulada pelo professor na aula. A plataforma facilita o trabalho dos estudantes ao ter campos idênticos aos do formulário de coleta e promove a divulgação aberta dos dados, alinhada aos princípios da ciência cidadã (Robinson *et al.*, 2018).
- Desmembramento e ampliação do tempo: A aula será dividida em duas, para proporcionar mais tempo para a execução das atividades propostas.
- Análise de gráficos: Na aula seguinte, o professor apresentará gráficos gerados no *Anecdata* sobre condições do tempo, intensidade do vento e visitantes florais. Os estudantes, com a mediação do professor, interpretarão os gráficos e discutirão qual fator influenciou a frutificação, com a conclusão ficando para outro momento.
- Alteração do cronograma: As aulas serão reordenadas para ocorrerem após a aula de montagem do ciclo de vida das angiospermas, melhorando a lógica do encadeamento das atividades.

3.7 Aula 10: Confeção do painel representando o ciclo de vida das angiospermas

O principal problema dessa aula foi o tempo, pois a maioria dos grupos apresentou bastante dificuldade para concluir a atividade no período de uma aula, considerando que havia muitos cartões para a confecção do painel e como a aula do vídeo ocorrera na semana anterior, “muitos tinham esquecido das etapas do ciclo” (DC) e não podiam consultar quaisquer materiais. Foi comum durante toda a aula questionamentos como: “é muita coisa para colocar, professor” (DC), “professor, isso está colado certo?” (DC), “onde eu coloco isso?” (DC). Diante disso, o professor precisou ajudar constantemente os grupos para garantir que todos entregassem os painéis a tempo, reconhecendo a importância do tempo nas atividades educacionais, como destacado por Guimarães e Giordan (2011). Essa ajuda assegurou que os painéis fossem confeccionados corretamente, mas também deixou dúvidas sobre o real entendimento dos estudantes sobre o ciclo de vida.

Diante disso, o professor refletiu sobre a inserção de algumas mudanças nessa aula, visando otimizar o tempo e viabilizar a execução da atividade:

- Foi reduzida a quantidade e modificados os cartões para a confecção do painel do ciclo de vida (Disponível em: <https://tinyurl.com/33vrchr6>), simplificando a atividade de acordo com a proposta da aula 8 do vídeo. Entre as principais mudanças estão: 1. A eliminação da representação detalhada do saco embrionário devido à sua complexidade, mantendo apenas a representação do saco maduro e dos esporos gerados por meiose, e 2. A inclusão de uma imagem do grão de pólen formando o tubo polínico, que estava presente no vídeo, e “não havia sido considerado na confecção dos cartões” (DC).

- Execução da atividade sem ajuda do professor: Para garantir maior autonomia dos estudantes e fortalecer a aprendizagem ativa com caráter investigativo. A autonomia, ligada à liberdade de construir e reconstruir o saber (Freire, 1996), permitirá que os painéis confeccionados reflitam a aprendizagem real dos alunos. Além disso, os estudantes poderão consultar seus cadernos para associar as informações aos cartões, reduzindo assim as dúvidas.

3.8 Aula 11: Retomada da questão-problema e das hipóteses

Apesar de não haver problemas identificados na aula e nenhuma menção no diário de campo, o professor decidiu ajustar a aula para alinhá-la com as alterações feitas nas aulas antecedentes, garantindo a organização e o encadeamento lógicos das atividades (Guimarães; Giordan, 2011). Inicialmente, os estudantes encontravam a resposta para a pergunta científica na aula de organização e análise de dados, mas com as mudanças, a resposta será encontrada nesta aula. O professor começará revisitando a pergunta científica, apresentando o “gabarito” do painel do ciclo de vida das angiospermas, e guiando os estudantes para identificar a polinização como o fator responsável pela frutificação com base nos gráficos e na teoria aprendida. A explicação sobre polinização e a análise dos dados permitirá aos estudantes reavaliarem a questão-problema das paineiras à luz dos novos conhecimentos. Sobre isso, Bellucco e Carvalho (2014) enfatizam que os estudantes devem ter uma base teórica sólida para interpretar fenômenos, em vez de basear suas inferências apenas em observações neutras. No final da aula, cada

grupo deve indicar se suas hipóteses foram confirmadas ou rejeitadas, oferecendo uma justificativa para sua conclusão.

3.9 Aula 12: Texto das palavras-chave e questionário final

Na análise dos textos construídos pelos estudantes, verificou-se que 60% estavam inadequados, com 70% desses textos não mencionando a palavra-chave “fenofase”. Isso sugere que os alunos não dominaram o termo, possivelmente devido ao pouco contato com ele. Para melhorar a compreensão, o professor decidiu substituir “fenofase” por “frutificação”, que foi amplamente abordada na sequência, facilitando a articulação com os termos “ciclo de vida” e “polinização”.

A partir da análise do questionário final, aplicado ao final da aula 12, algumas questões foram excluídas e a grande maioria delas passou por reformulações.

- As questões 3 (Consigno observar com mais detalhes as plantas e identificar suas fases) e 4 (Consegui aprender sobre o ciclo de vida das plantas terrestres e suas respectivas fases) foram excluídas, pois, a partir da análise do valor dessas questões, (Goode; Hatt, 1972), constatou-se que não era necessário que os estudantes avaliassem sua própria aprendizagem, já que outros instrumentos na sequência já medem esses aspectos.

- A questão 1 (Expresse em três frases o que mais te chamou atenção positivamente e negativamente no projeto. Dê sugestões do que pode ser feito para melhorar) foi desmembrada em duas, medida esta indicada para casos em que uma questão abarca muitos objetivos (Goode; Hatt, 1972). As respostas revelaram que a maioria dos estudantes não seguiu o comando da questão original, que pedia aspectos positivos, negativos e sugestões. Assim, foram criadas duas questões separadas: uma para aspectos positivos e outra para negativos e sugestões, com o objetivo de obter respostas mais específicas e detalhadas.

- A questão 2 (Para cada aula ou etapa do projeto, marque um número, de 1 a 5, correspondente ao quanto você gostou dela ou se interessou por ela) foi modificada. Os estudantes foram solicitados a avaliar a dificuldade de cada etapa da sequência, em vez de apenas expressar o interesse e a satisfação, melhorando a objetividade da questão (Goode; Hatt, 1972). Essa mudança também ajuda a identificar quais etapas podem precisar de ajustes. Além disso, foi incluído um detalhamento maior das etapas para auxiliar os estudantes a se lembrarem melhor de cada uma, já que alguns relataram dificuldades em recordá-las.

- Na questão 6 (Agora que você participou das etapas do processo científico deste projeto, quanto você sente (de 1 a 10) que é capaz de contribuir em cada uma delas se participar de outros projetos?) foi proposta uma reorganização na descrição das etapas científicas, separando a observação das árvores da submissão dos dados e removendo a etapa de conclusão. Essa mudança visa proporcionar mais clareza na questão (Goode; Hatt, 1972) e facilitar a associação dos descritores com as atividades realizadas pelos estudantes em cada etapa.

- A questão 9 (Você passou a reparar/observar mais as plantas?) foi modificada para ser igual e comparável à questão 1 do novo questionário inicial, pois a versão anterior induzia respostas positivas (Melo; Bianchi, 2015) e não permitia medir a frequência do comportamento, o que é crucial para avaliar possíveis mudanças decorrentes da participação na sequência.

- A questão 10 (De que forma a extinção das plantas pode afetar sua vida?) teve a mudança do foco de sua pergunta de "extinção das plantas" para "extinção dos polinizadores", alinhando-a com o conteúdo da sequência sobre polinização e seu impacto, ajudando os estudantes a entenderem as consequências dessa extinção.

- As questões 5 (Você tem interesse em estudar algum assunto a mais sobre as plantas, depois desse projeto?), 7 (Você se imagina seguindo uma carreira científica?) e 8 (Caso você pudesse colaborar com outras pesquisas científicas como essa da qual você participou, você teria interesse?) permaneceram inalteradas, já que não foram identificados problemas (Goode; Hatt, 1972).

Todas as questões foram enumeradas e organizadas de uma forma compatível com a ordem das questões no questionário inicial, formando o novo questionário final (Disponível em: <https://tinyurl.com/5d4yh2hh>).

4 CONCLUSÃO

A partir da avaliação da aplicação do teste-piloto da sequência de ensino-aprendizagem, constataram-se algumas questões a serem melhoradas, que serviram como referência para a proposição de mudanças nas aulas e instrumentos da sequência e no protocolo de ciência cidadã.

Dentre as principais mudanças, destacam-se: 1. Redução do número de questões nos questionários inicial e final, deixando-os com perguntas mais diretas que permitam uma avaliação clara dos objetivos de aprendizagem propostos, bem como com perguntas que tragam respostas comparáveis antes e depois da participação; 2. Reformulação da questão-problema, passando a fornecer mais dados aos estudantes a fim de se evitar muitas hipóteses não relevantes ou aderentes ao problema proposto; 3. a inclusão de uma aula de orientação das observações fenológicas, visando uma melhora na habilidade de observação e coleta de dados dos estudantes, e potencialmente gerando dados com mais qualidade; 4. Alteração do formulário de coleta de dados, com: a. Inclusão de uma questão sobre a condição do tempo na semana anterior a da observação, para ampliar o entendimento dos participantes sobre a dinamicidade neste fator; b. Adição do campo para preenchimento das quantidades e proporções de folhas, flores e frutos, facilitando a posterior análise dos dados; c. Inclusão de um campo para o fator "intensidade do vento" separado para cada árvore e d. Especificação de que apenas visitantes florais seriam observados, sendo necessário o registro da presença ou ausência deles, e quando possível a identificação e 5. A inclusão do protocolo na plataforma Anecdata, seguindo o princípio de que os dados de projetos de ciência cidadã devem ser abertos.

A validação da sequência permitiu deixá-la ainda mais aderente aos pressupostos e princípios da ciência cidadã, uma vez que passa a ter um protocolo claro e exequível ao público-alvo que permite a coleta de dados científicos genuínos, que podem ser avaliados quanto às suas qualidades e inseridos em plataforma de ciência cidadã onde os dados são abertos, tendo potencial de acesso pelos cientistas e de contribuição com diversas pesquisas. Além disso, a sequência e o protocolo validados podem ser aplicados e adaptados a outros contextos, de acordo com os objetivos educacionais. A versão modificada da sequência de ensino-aprendizagem com ciência cidadã está disponível para *download*, de forma gratuita e aberta (seguindo os princípios da ciência cidadã), para que interessados

possam utilizá-la e adaptá-la às suas necessidades e contextos, sob uma perspectiva de constante aprimoramento (Monteiro; Ghilardi-Lopes, 2024).

PILOT TEST AND VALIDATION OF A TEACHING-LEARNING SEQUENCE CONTAINING A CITIZEN SCIENCE PROTOCOL FOR PHENOLOGICAL OBSERVATION OF TREES

ABSTRACT

Citizen science involves public participation in science, usually in projects containing protocols with a scientific question and data collection steps. These protocols need to be assessed and improved through pilot testing. The present work aims to validate an investigative teaching-learning sequence, which covers a school citizen science protocol, of phenological observation of trees, suitable for high school students. To this end, a pilot test of the sequence was carried out. The results obtained highlighted the need for changes in the citizen science protocol and some classes of the sequence. Among the changes, the following stand out: 1. inclusion of a more detailed training stage for data collection by students; 2. restructuring of the data collection form to make it clearer and more objective and 3. inclusion of the project in an online citizen science platform.

KEYWORDS: Life cycle of angiosperms. Data collection form. Training of citizen scientists.

AGRADECIMENTOS

Aos estudantes cientistas cidadãos participantes da sequência didática. À equipe gestora da escola, que permitiu a realização da pesquisa. Ao programa de Pós-Graduação em Ensino e História das Ciências e da Matemática da UFABC, por apoiar a realização desta pesquisa e contribuir para a formação de pesquisadores. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP - processos 2022/06862-3 e 2025/03708-1) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq - processos 406137/2023-4 e 406712/2022-0) pelos auxílios concedidos ao autor 2.

REFERÊNCIAS

ACHTERBERG, G. B.; CENTA, F. G.; TERRAZZAN, E. A. Entre a memorização e a interação: a construção do perfil dos estudantes de ensino médio. **e-Mosaicos**, v. 10, n. 23, p. 85-106, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.12957/e-mosaicos.2021.52885>. Acesso em: 08 set. 2023.

ANGROSINO, M. **Doing Ethnographic and Observational Research**. London: Sage Publications, 2007.

BALÁZS, B.; MOONEY, P.; NOVÁKOVÁ, E.; BASTIN, L.; ARSANJANI, J. J. Data Quality in Citizen Science. In: VOHLAND, K.; LAND-ZANDSTRA, A.; CECCARONI, L.; LEMMENS, R.; PERELLÓ, J.; PONTI, M.; SAMSON, R.; WAGENKNECHT, K. (ed.). **The Science of Citizen Science**. Switzerland: Springer, 2021. p. 139-157.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BARROS, J. D. A elaboração textual de hipóteses—uma contribuição ao seu esclarecimento no ensino de metodologia. **Revista Educação em Questão**, v. 33, n. 19, 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/educacaoemquestao/article/view/3938>. Acesso em: 26 mai. 2024.

BELLUCCO, A.; CARVALHO, A. M. P. Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, p. 30-59, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2014v31n1p30>. Acesso em: 20 out. 2023.

BONNEY, R.; COOPER, C.B.; DICKINSON, J.; KELLING, S.; PHILLIPS, T.; ROSENBERG, K. V.; SHIRK, J. Citizen Science: a developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy. **BioScience**, v. 59, n. 11, p. 977-984, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.11.9>. Acesso em: 30 maio 2023.

BROWN, E. D.; WILLIAMS, B. K. The potential for citizen science to produce reliable and useful information in ecology. **Conservation Biology**, v. 33, n. 3, p. 561-569, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/cobi.13223>. Acesso em: 13 jul. 2023.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 765-794, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.28976/19842686rbpec2018183765>. Acesso em: 27 mai. 2024.

CECCARONI, L.; BOWSER, A.; BRENTON, P. Civic Education and Citizen Science: Definitions, Categories, Knowledge Representation. *In*: CECCARONI, L.; PIERA, J. (ed.). **Analyzing the Role of Citizen Science in Modern Research**. Hershey: IGI Global, 2017. p. 1-23. Disponível em: <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-0962-2.ch001>. Acesso em: 29 mai. 2023.

CHEVALLARD, Y. **La transposición didáctica**. Del saber sabio al saber enseñado. Buenos Aires: Aique, 1991.

CRIMMINS, M. A.; CRIMMINS, T. M. Monitoring plant phenology using digital repeat photography. **Environmental management**, v. 41, p. 949-958, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00267-008-9086-6>. Acesso em: 15 set. 2023.

FRANCESCONI, L.; DE ARAÚJO, M. C. P. Pesquisa-ação como prática formativa do professor reflexivo. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (ENACED) E SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISA EM EDUCAÇÃO NAS CIÊNCIAS (SIEPEC). 1., 2020. **Anais [...]**. Ijuí: UNIJUÍ, 2020.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à Prática Educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FUCCILLO, K. K.; CRIMMINS, T. M.; de RIVERA, C. E.; ELDER, T. S. Assessing accuracy in citizen science-based plant phenology monitoring. **International Journal of Biometeorology**, v. 59, n. 7, p. 917-926, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0892-7>. Acesso em: 28 ago. 2023.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. São Paulo: Editora Atlas, 1999.

GOMMERMAN, L.; MONROE, M. C. Lessons Learned from Evaluations of Citizen Science Programs: FOR291/FR359, 5/2012. **Edis**, v. 2012, n. 6, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.32473/edis-fr359-2012>. Acesso em: 26 mai. 2024.

GOODE, W. J.; HATT, P. K. **Métodos em Pesquisa Social**. 4. ed. São Paulo: Nacional, 1972.

GUIMARÃES, Y. A. F.; GIORDAN, M. Instrumento para construção e validação de sequências didáticas em um curso a distância de formação continuada de professores. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 8., 2011, Campinas. **Atas [...]**. São Paulo: ABRAPEC, 2011. Disponível em: http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/viiienpec/resumos/R0875-2.pdf. Acesso em: 01 mai. 2024.

JARDIM, C. A. C. R.; MARCELINO, V. S. A relevância da validação de uma sequência didática sobre gravidez na adolescência baseada na metodologia da problematização. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 12, n. 4, p. 1-21, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.26843/rencima.v12n4a28>. Acesso em: 26 mai. 2024.

KNECHTEL, M. R. **Metodologia da pesquisa em educação**: uma abordagem teórico-prática dialogada. Curitiba: Intersaberes, 2014.

LEWANDOWSKI, E.; SPECHT, H. Influence of volunteer and project characteristics on data quality of biological surveys. **Conservation biology**, v. 29, n. 3, p. 713-723, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/cobi.12481>. Acesso em: 01 jul. 2023.

LUCKESI, C. C. **Avaliação da aprendizagem**: componente do ato pedagógico. São Paulo: Cortez, 2011.

MARCILIO, M. T.; SAMIA, M. Ensinar para a compreensão e os múltiplos caminhos para a aprendizagem. **Revista Pátio n**, v. 38, 2006.

MELO, W. V.; BIANCHI, C. S. Discutindo estratégias para a construção de questionários como ferramenta de pesquisa. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 8, n. 3, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.3895/rbect.v8n3.1946>. Acesso em: 12 ago. 2023.

MINAYO, M. C. S. **O Desafio do Conhecimento**: Pesquisa Qualitativa em Saúde. 10. ed. São Paulo: HUCITEC, 2007.

MONTEIRO, G. B.; GHILARDI-LOPES, N. P. Conhecendo o ciclo de vida das angiospermas por meio da ciência cidadã. *In: GHILARDI-LOPES, N. P. (org.). Sequência de ensino-aprendizagem com ciência cidadã*. Santo André: Ed. dos Autores, 2024. Acesso em: 30 mai. 2024.

OLIVEIRA, M. D. L. Trabalho docente: a transposição didática, como fazê-la?. **Dialogia**, n. 20, p. 167-190, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.5585/dialogia.N20.4924>. Acesso em: 01 set. 2023.

PHILLIPS, T. B.; FERGUSON, M.; MINARCHEK, M.; PORTICELLA, N.; BONNEY, R. **User's Guide for Evaluating Learning Outcomes in Citizen Science**. Ithaca, NY: Cornell Lab of Ornithology, 2014. Disponível em: https://www.birds.cornell.edu/citizenscience/wp-content/uploads/2018/10/USERS-GUIDE_linked.pdf. Acesso em: 20 ago. 2024.

RO, C. **O que é 'cegueira vegetal' e por que ela é vista como ameaça ao meio ambiente**. BBC, 2019. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/vert-fut-48359845>. Acesso em: 25 ago. 2023.

ROBINSON, L. D.; CAWTHRAY, J. L.; WEST, S. E.; BONN, A.; ANSINE, J. Ten principles of citizen science. *In*: HECKER, S.; HAKLAY, M.; BOWSER, A.; MAKUCH, Z.; VOGEL, J.; BONN, A. (ed.). **Citizen science: Innovation in open science, society and policy**. UCL Press, 2018. p. 27-40.

SHAH, H. R.; MARTINEZ, L. R. Current approaches in implementing citizen science in the classroom. **Journal of microbiology & biology education**, v. 17, n. 1, p. 17-22, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1128/jmbe.v17i1.1032>. Acesso em: 02 jun. 2023.

SHIRK J. L.; BALLARD H. L.; WILDERMAN C. C.; PHILLIPS T.; WIGGINS A.; JORDAN R.; MCCALLIE E.; MINARCHEK M.; LEWENSTEIN B. V.; KRASNY M. E.; BONNEY R. Public Participation in Scientific Research: a Framework for Deliberate Design. **Ecology and Society**, v. 17, n. 2, p. 29-48, 2012. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/26269051>. Acesso em: 26 mai. 2024.

THOMPSON, A. L.; STRAUSS, A. L.; OBERHAUSER, K. S.; KOOMEN, M. H.; MONTGOMERY, R. A.; ANDICOECHEA, J.; BLAIR, R. B. **Driven to discover: Citizen science curriculum guide, phenology and nature's notebook**. Saint Paul, MN: University of Minnesota Extension, 2018. Disponível em: <https://www.usanpn.org/files/education/d2d-classroom-phenology.pdf>. Acesso em: 27 mai. 2024.

Recebido: 6 abr. 2024.
Aprovado: 17 mar. 2026.
DOI: 10.3895/rbect.v19n1.18382
Como citar: MONTEIRO, G. B.; GHILARDI-LOPES, N. P. Teste-piloto e validação de uma sequência de ensino-aprendizagem contendo protocolo de ciência cidadã de observação fenológica de árvores. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 19, p. 1-22, 2026. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/18382>>. Acesso em: XX.
Correspondência: Gustavo Bellini Monteiro - bellini.gu@hotmail.com
Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

