

A placa de arduino como ferramenta no ensino de ciências por investigação na compostagem/vermicompostagem em temática socioambiental aplicada.

Nícolas Fernandes MARTINS¹

Pierre André de SOUZA²

Adria Vasconcelos CORTEZ³

RESUMO

O Ensino por Investigação associado a questões socioambientais promove a formação cidadã alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, contrapondo o ensino tradicional do vestibular nas escolas brasileiras. Este projeto objetivou estimular a alfabetização científica com questões socioambientais de alunos do Ensino Fundamental de Escolas Públicas por meio da compostagem/vermicompostagem associado ao Arduino. O método utilizado foi um estudo de caso de caráter qualitativo. Os resultados indicaram que o ensino de ciências é mais eficaz ao integrar temáticas socioambientais à realidade do aluno delegando tarefas que o torne um sujeito mais atuante em seu processo de alfabetização científica.

PALAVRAS-CHAVE: Arduino. Compostagem/Vermicompostagem. Ensino por Investigação. Escola Pública. Meio Ambiente.

¹Doutor em Ciências Fisiológicas UFSCAR - UNESP/ARARAQUARA pela Universidade Federal de São Carlos. Professor de educação básica. ORCID: 0000-0002-3117-2644

E-mail: nicolas@prof.educacao.sp.gov.br

² Pós-Doutor em Química pela Universidad Politècnica València –Espanha, Pós-Doutor em Ensino de Ciências Química Programa PPGET pela UFSC, Doutor em Ciências Química pela UFRJ. Professor adjunto da UFAM.

ORCID: 0000-0002-0606-3681. E-mail: profpierreandre@ufam.edu.br

³Mestra em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos pela Universidade Federal do Amazonas. Professora da AFYA faculdade de Ciências Médicas ITPAC/ITACOATIARA-AM. ORCID: 0000-0001-9592-7754

E-mail: adria.cortez@afya.com.br

The Arduino board as a tool in science education through inquiry into composting/vermicomposting in an applied socio-environmental context

*Nícolas Fernandes MARTINS
Pierre André de SOUZA
Adria Vasconcelos CORTEZ*

ABSTRACT

Inquiry-based learning linked to socio-environmental issues promotes civic education aligned with the UN Sustainable Development Goals, contrasting with the traditional university entrance exam-focused approach (“vestibular”) in Brazilian schools. This project aimed to stimulate scientific literacy with socio-environmental issues among elementary school students in public schools through composting/vermicomposting combined with Arduino. The method used was a qualitative case study. The results indicated that science education is more effective when it integrates socio-environmental themes with the student's reality, delegating tasks that make them a more active participant in their scientific literacy process.

KEYWORDS: Arduino. Composting/Vermicomposting. Environment. Inquiry-Based Learning. Public School.

La Placa Arduino como Herramienta de Enseñanza de las Ciencias a través de la Investigación En El Compostaje/Vermicompostaje en Temática Socioambiental Aplicada.

Nícolás Fernandes MARTINS
Pierre André de SOUZA
Adria Vasconcelos CORTEZ

RESUMEN

La Enseñanza por Investigación asocia con cuestiones socioambientales promueve la formación ciudadana alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU, en contraposición a la enseñanza tradicional centrada en el examen de ingreso a la universidad en las escuelas brasileñas. Este proyecto tuvo como objetivo estimular la alfabetización científica con problemáticas socioambientales entre estudiantes de educación de los alumnos de la Educación Primaria de escuelas públicas a través del compostaje/vermicompostaje et Arduino. El método utilizado fue un estudio de caso de carácter cualitativo. Los resultados indicaron que la enseñanza de ciencias es más eficaz al integrar temáticas socioambientales en la realidad del alumno, delegando tareas que lo conviertan en un sujeto más activo en su proceso de alfabetización científica.

PALABRAS CLAVE: Arduino, Compostaje/Vermicompostaje, Enseñanza por Investigación, Escuela Pública, Medio ambiente.

Introdução

Contexto da prática profissional no ensino de ciências

O Ensino por Investigação (E.I) é uma das metodologias de abordagem pedagógica no ensino de ciências que descreve os princípios de funcionamento do pensamento científico ao educando, e, quando associada a um tema gerador de questões socioambientais, como a compostagem e o lixo, contempla os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela Organização das Nações Unidas (ONU), Agenda 2030, enquanto premissa de Cidades e Comunidades Sustentáveis.

O uso de atividades investigativas é uma abordagem pedagógica eficaz na aprendizagem no ensino em ciências e, conseqüentemente, na alfabetização/letramento científico. Um dos diferenciais da metodologia E.I é introduzir o aluno no tópico desejado oferecendo condições para que ele possa pensar e trabalhar com as variáveis referentes ao fenômeno científico central do conteúdo programático ministrado na escola pelo professor (Reis, 2022).

Para que uma atividade seja considerada de investigação é essencial que ela promova a reflexão, discussão, explicação e relato por parte dos alunos, em vez de se limitar à manipulação de objetos e à observação de fenômenos. A aprendizagem de procedimentos e atitudes é tão relevante quanto a aprendizagem de conceitos ou conteúdos específicos. As etapas fundamentais que devem ser contempladas nas práticas de investigação apontam as seguintes diretrizes: a proposição de problemas, preferencialmente formulados como perguntas que despertem a curiosidade científica dos estudantes e que estejam, preferencialmente, vinculados a realidade cotidiana do aluno; a formulação de hipóteses elaboradas pelos alunos através de discussões; a coleta de dados; a análise dos dados obtidos utilizando recursos como gráficos e textos para facilitar a interpretação dos resultados; e, finalmente, a conclusão, onde os alunos devem formular respostas ao problema inicial com base nos dados coletados e analisados e compartilhá-los com seus pares (Santos, 2022).

Acreditamos, *a priori*, que a compreensão da forma pela qual um conhecimento pode ser considerado científico, distinguindo-o inclusive de conceitos pseudocientíficos ou de “fake news”, torna-se essencial para que o sujeito em sua formação escolar utilize a ciência como agente transformador do bem comum, estimulando mudanças de hábitos e comportamentos no seio familiar e na sociedade pela alfabetização científica (Sasseron, 2015).

Nesse contexto, é imprescindível que temas emergentes associados ao ensino de ciências sejam uma condição *sine qua non* aplicada nos anos iniciais da educação básica do sujeito, estimulando-o a

desenvolver a compreensão sobre conceitos como falseabilidade, dentre outros critérios intrínsecos na ciência, como importante demarcador entre conhecimento científico e não científico (Dias, 2015).

A incorporação de projetos pedagógicos no ensino de ciências aplicando as diversas metodologias de ensino e aprendizagem elencadas com temas socioambientais associados às questões de ordem política e econômica, como o racismo ambiental, por exemplo, tornam a educação um instrumento potencializador de mudanças sociais que tanto nos angustiam e que almejamos dirimir.

Destacamos nesse contexto a problemática dos lixões, fonte de contaminação dos lençóis freáticos pelo chorume e seus metais potencialmente tóxicos, e de suas inúmeras vertentes, como ponto focal para o desenvolvimento de outros temas de ensino por meio de projetos sob o enfoque das questões ambientais emergentes, como a compostagem (Dias, 2022).

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), administrado pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades (SNSA/MCID), aponta que o Brasil apresenta em média uma produção de 1,2 kg de lixo por pessoa ao dia. Desse total, cerca de 40% a 50% representam material orgânico que poderia ser utilizado na prática da compostagem, reduzindo os impactos ambientais do aporte antropomórfico ao meio ambiente, mas, nem todo esse resíduo é tratado ou reciclado, e sim descartado em locais inapropriados (Panorama Dos Resíduos Sólidos No Brasil, 2023). A princípio, o valor dessa produção média de lixo por pessoa aparenta ser um número relativamente pequeno, no entanto, se multiplicado pelo número de habitantes no país, torna-se uma ameaça preocupante.

O estado de São Paulo, por exemplo, nos seus grandes centros, capital e periferia, apresenta níveis alarmantes de poluição com impactos ambientais em vários aspectos sociais e econômicos, como Jacobi (2000) já referenciou há quase duas décadas. A necessidade do esforço conjunto de políticas públicas e da população em geral para que essa realidade possa ser revertida é flagrante. Essa mudança de paradigma na educação, passa, necessariamente, pelo ensino de qualidade e valorização do professor como agente de transformação social na formação intelectual e cidadã do estudante. É, portanto, imprescindível que a alfabetização científica seja ministrada nas séries iniciais nas escolas para que essa realidade possa ser, quiçá, modificada a médio e longo prazo. Defendemos a ideia de que, espaços como creches, escolas, polos tecnológicos e universidades tornam-se, assim, pontos focais na realização de práticas educativas com temáticas ambientais com uma dimensão de ensino mais ampla ao educando, estimulando-o a melhor formação de sua cidadania.

Nessa perspectiva, associado às muitas metodologias de ensino em ciências, a ferramenta tecnológica do Arduino é uma importante fonte complementar para a aprendizagem em ciências nos

A placa de arduino como ferramenta no ensino de ciências por investigação na compostagem/vermicompostagem em temática socioambiental aplicada. anos iniciais à formação do estudante. Destacamos que, o Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica, hardware e software aberto, baixo custo, e fácil utilização mesmo para pessoas que possuem pouco ou nenhum conhecimento de eletrônica. O uso dessa placa de prototipagem vem crescendo paulatinamente nas universidades e nas escolas, possuindo vários tutoriais, sites e blogs a respeito do processo de aprendizagem de robótica nesses ambientes virtuais destinados à educação, e acessíveis por serem sistemas abertos e distribuídos livremente (Oliveira, 2018).

O programa (software) do Arduino é muito intuitivo, e pode ser gratuitamente baixado no site www.arduino.cc, com versões para os sistemas operacionais da Microsoft, Linux e Apple. Existem alguns sítios eletrônicos nos quais podemos realizar simulações e produzir scripts (comandos), dentre eles destacamos o Tinkercard (<https://www.tinkercad.com>), intuitivo e de fácil utilização tanto para os professores quanto para os alunos.

O projeto aqui relatado foi desenvolvido de forma semipresencial durante a pandemia da Covid 19 em duas escolas da rede estadual periférica da cidade de São Carlos, São Paulo, com atividades que envolveram a metodologia de ensino E.I associada à tecnologia do Arduino, com a temática compostagem/vermicompostagem e sua relação socioambiental com a realidade cotidiana dos alunos.

A pergunta que delineou a realização do projeto, propondo uma educação ambiental foi: quão eficiente seria a aprendizagem e a compreensão de alguns conceitos básicos em ciência ao utilizarmos a metodologia E.I com o Arduino na compostagem/vermicompostagem?

Os resultados do projeto apontaram, de modo geral, que os alunos conseguiram compreender algumas noções básicas da maneira que o método científico se estrutura e funciona, produzindo certo sentido sobre como o cientista interpreta a realidade e os fenômenos da natureza. O que estimula a continuidade do projeto, sem intermitências nos semestres letivos, com temáticas socioambientais pertinentes à realidade do aluno. Sua aplicação demonstrou-se prazerosa e estimulante, tornando o sujeito um partícipe atuante e responsável em muitas etapas nas atividades na escola.

É nesse sentido que, a importância de temáticas socioambientais torna-se pertinente a crise ambiental global que estamos vivenciando frente aos múltiplos e complexos problemas condicionados à cultura do consumismo exacerbado e irresponsável. As atividades realizadas propuseram uma formação que, não só contemplou o tecnicismo e os conhecimentos e conceitos propostos atrelados ao projeto, mas, estimulou a cidadania, a autoestima e a tomada de consciência dos alunos em exercerem um papel de destaque em seus hodiernos como embaixadores ambientais “mirins”, um exemplo a seus familiares e a comunidade que pertencem de que a mudança comportamental é possível e a educação científica e ambiental na escola, seu vetor.

Metodologia

O método empregado no projeto caracterizou-se como estudo de caso qualitativo, relacionado com a interpretação das respostas do público-alvo proposto, (Martins, 2004). No âmbito do manejo e instruções da vermicompostagem foi utilizado o Manual do ABC da Minhocultura (Schiedeck, 2014). Trabalhou-se em um contexto de educação dialógica, sendo o professor um mediador entre o que aluno estuda, envolvendo conceitos científicos em sala de aula, e a compreensão desses conceitos em conjunto com a realidade do seu cotidiano por meio do Ensino por Investigação (E.I) associado a questões socioambientais (Bonfim, Costa, Nascimento, 2018).

O projeto foi executado após ser avaliado e aprovado pela da direção e coordenação pedagógica das escolas em período pandêmico (2021-2022). Preservou-se a identidade e o anonimato dos alunos (A) na coleta de dados por questões éticas, seus nomes fictícios foram representados pelas letras A1, A2, A3, e assim por diante. As turmas-piloto do projeto foram duas escolas estaduais com alunos do 8º e do 9º ano do Ensino Fundamental e do 2º ano do Ensino Médio, localizadas no distrito de Santa Eudóxia, município de São Carlos-SP. O projeto foi aplicado duas vezes por semana em cada semestre, totalizando 4 semestres. Ao todo foram diretamente beneficiados 60 alunos, e, indiretamente, 60 famílias. As escolas, por possuírem laboratórios para práticas experimentais de ciências, contribuíram na montagem e execução dos experimentos.

Utilizamos a gravação de podcasts e vídeos didáticos, com programas de edição gratuitos como o Kdenlive (software livre, <https://kdenlive.org/en>), como ferramentas educativas, um recurso fácil que possibilitou o uso de celulares e computadores como tecnologias educacionais sobre a temática de compostagem. A percepção dos alunos sobre as práticas, a plotação, a interpretação dos dados experimentais após a confecção dos gráficos em Excel, e dos conceitos básicos de ciência, foram adquiridos por meio da escrita de pequenos depoimentos coletados ao longo do desenvolvimento do projeto.

Propusemos neste projeto a compostagem de resíduos orgânicos provenientes das sobras da preparação e restos das merendas da própria escola como prática eficaz de estabilização da matéria orgânica, visando a sua incorporação aos solos agricultáveis da horta da própria escola, transformando o “lixo” em um produto com alto valor agregado utilizado na forma de húmus como fertilizante.

Utilizamos na parte experimental da compostagem/vermicompostagem duas caixas de plástico pretas com capacidade de 20 litros, comprimento de 60 cm, largura de 37 cm e altura de 14 cm. Uma das caixas destinada à vermicompostagem (adição das minhocas), a outra à compostagem seca (ausência de minhocas). Ambas foram apresentadas aos alunos no primeiro dia de aula, juntamente com um

A placa de arduino como ferramenta no ensino de ciências por investigação na compostagem/vermicompostagem em temática socioambiental aplicada. borrifador e um revolvedor de terra (kit de jardinagem). Em todo o processo utilizamos aproximadamente 40 litros de água durante 45 dias, oferecendo uma decomposição de alta umidade aferida pelos sensores do Arduino. Após a apresentação dos materiais, os alunos iniciaram o manejo da compostagem. Em ambas as caixas foram adicionados aproximadamente 50% (10 kg) de terra do quintal da escola denominado latossolo, popularmente conhecido como terra vermelha. Após a adição de terra foram acondicionadas folhas secas, restos de aparas de vegetais, pó de café, e entre outros materiais oriundos da cozinha da escola. À caixa com uma área de 0,22 m² foram adicionados, aproximadamente, 300 gramas de minhocas vermelhas *Eisenia foetida* (equivalente a aproximadamente 350 indivíduos).

Foram utilizados sensores de temperatura e umidade denominado DHT11 em ambas as caixas de compostagem/vermicompostagem, monitorando as variáveis dos valores desses dois parâmetros em tempo real na superfície da caixa. A placa que utilizamos na escola foi o Arduino modelo UNO R3, a mais popular, de baixo custo e de fácil aquisição, e aplicada em vários projetos educacionais. Utilizamos ainda um sensor de umidade de solo (FC-28) que acompanha um sensor de temperatura (DS18B20) para inferir a umidade em diferentes profundidades na caixa. A placa Arduino é semelhante a um computador de pequeno porte, composta por memória RAM, memória secundária (memória flash), clock, entre outras funcionalidades que atendem os projetos educacionais na escola (Oliveira, 2018).

Resultados e discussão

Diante dos ataques aos professores da rede pública de educação pelo governo do estado de São Paulo, conforme denúncia da Alesp (2023), os resultados alcançados pelo projeto nas duas escolas públicas piloto da periferia do município de São Carlos reforçam a imperativa necessidade de um olhar atento e mais comprometido com a educação pública. O projeto em questão, além de ter abordado um tema sociocientífico de extrema relevância, possibilitou tanto a formação política quanto a alfabetização científica dos educandos.

Para isso, realizamos atividades experimentais e a subsequente interpretação dos dados obtidos em gráficos de Excel (Office da Microsoft), bem como mapas conceituais, vídeos, textos informativos, interpretações de textos e podcasts produzidos pelos alunos. O projeto com viés socioambiental alinhou-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, especialmente, ao ODS 11, que diz respeito a tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis, demanda essa que toda a sociedade necessita.

Destacamos que as atividades do projeto culminaram na produção de um vídeo apresentado na Semana do Meio Ambiente para toda a rede estadual de São Paulo no período pandêmico de 2021-2022, em que muitos alunos foram condecorados com premiações em feiras de ciências semipresenciais promovidas pela Universidade de São Paulo-USP.

Durante a aplicação do projeto percebemos que a metodologia do Ensino por Investigação (E.I) acrescida pela tecnologia do Arduino, com o tema gerador compostagem e vermicompostagem, estimulou o desenvolvimento intelectual e a autoestima no aluno. Instigou-o à curiosidade e o desenvolvimento de outras habilidades cognitivas, a apropriação no entendimento de conceitos básicos de ciência e, desenvolveu o senso de responsabilidade como protagonismo do seu próprio aprendizado. Aulas dinâmicas aliadas a experimentação, conduzidas pelos atributos da dialogicidade freiriana, destituídas da rotina massacrante do banco escolar e da zona de conforto do tradicionalismo que professa a memorização de fatos e acontecimentos como regra ou dogma da transmissão do conhecimento, foram pontos determinantes que potencializaram o desempenho e o dinamismo do aprendizado dos discentes no projeto (Oliveira, 2023).

Reforçamos o entendimento dos conceitos contextualizando o assunto com o apoio de textos, documentários e vídeos dentro da temática proposta. Nesse sentido, promovemos a comunicação e o debate entre os estudantes com encontros semanais sobre o que foi apresentado no E.I, estimulando o desenvolvimento do pensamento crítico, a argumentação científica, o desenvolvimento do raciocínio lógico e a cidadania conforme íamos observando o envolvimento do aluno ao longo das etapas do projeto.

No E.I o aluno conduziu seus experimentos, o professor, espectador e mediador do processo de aprendizagem. Aqui, é importante salientar que o professor deve estimular o aluno a pesquisar e construir coletivamente os saberes, dialogando entre os pares sobre as hipóteses levantadas e suas respostas. Aquilo que fato compreendeu e não compreendeu na zona proximal das relações pela troca de informações.

A conclusão ou a discussão entre os pares serve para analisar cada hipótese proposta, validando-as ou não à luz do conhecimento científico. Essa etapa estimula que o aluno, no desenvolvimento de suas ideias, aprenda ao perceber seus erros, e entenda que a ciência só ocorre por meio de um processo em construção, destituindo o mito de que o conhecimento científico é algo pronto como resolução imediata aos nossos problemas socioambientais, por exemplo.

Em relação ao papel social do ensino de ciências pelo projeto desenvolvido destacamos que:

A placa de arduino como ferramenta no ensino de ciências por investigação na compostagem/vermicompostagem em temática socioambiental aplicada. “[...] permite a introdução de problemas sociais a serem discutidos pelos alunos, propiciando o desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão. Para isso, a abordagem dos temas é feita por meio da introdução de problemas, cujas possíveis soluções são propostas em sala de aula após a discussão de diversas alternativas, surgidas a partir do estudo do conteúdo científico, de suas aplicações tecnológicas e consequências sociais” (Santos; Mortimer, 2000, p. 13).

A meta, portanto, de um projeto com abordagem E.I é justamente propiciar ao aluno a capacidade de construir significados essenciais com suas próprias palavras, e considerar a importância do erro no processo do ensino e da aprendizagem, utilizando sempre que possível a temática do meio ambiente como tema gerador na busca de uma sociedade mais sustentável e, quiçá, equânime (Bacich; Moran, 2018).

Dentre tais conceitos está o de elaborar sua hipótese ao problema exposto, momento este em que o aluno é estimulado a desenvolvê-la, aceitá-la ou refutá-la, como atividade indispensável para o entendimento da Atividade Investigativa (A.I), sob o olhar atento do professor e de sua intervenção quando pertinente. Essa etapa é um ponto crucial ao promover a desenvoltura e dinâmica em sala de aula, estimulando a discussão coletiva da(s) hipótese(s) como refinamento intelectual das ideias ao explorar a argumentação dos alunos.

No planejamento das atividades conferimos se todos os grupos haviam entendido o problema a ser resolvido. É necessário, portanto, que o professor conduza a discussão, e ajuste erros e acertos para que o aluno adquira consciência à melhor decisão na condução e êxito do experimento.

Em dado momento, utilizamos como atividades paralelas aos experimentos a produção pelos alunos de podcast e a gravação de vídeos didáticos como tecnologias digitais educacionais sobre a temática compostagem. Nesse sentido, constatamos que os alunos, além de motivados com os resultados de suas gravações, apresentaram melhor desempenho ao longo do projeto em relação à leitura, interpretação de textos, oralidade, criatividade no processo de ensino e da aprendizagem como aponta Kaliandra e colaboradores (2020). Acreditamos que tais ferramentas digitais, quando bem direcionadas, contribuem não somente para uma alfabetização científica e digital do aluno, mas estimulam a necessidade de uma formação continuada do professor para que possa ampliar seu espectro de ideias e práticas educacionais.

Essa motivação foi expressa segundo as falas dos alunos A1 e A2, por exemplo, quando A1 ressaltou que:

“eu não fazia ideia como um assunto só [no caso da compostagem/vermicompostagem] pode ter tanta coisa junta pra gente estudar. A gente viu matemática com biologia e computação só pra

estudar minhocas e aproveitar o nosso lixo pra algo bom...trabalhar em equipe e fazer os vídeos me ensinou bastante”

O aluno A2 complementou esse entendimento do A1 ao expressar que:

“tirar as medidas da temperatura e umidade com o aparelhinho e depois colocar no gráfico dá trabalho, mas eu consegui ver como se faz ciência que o professor falou na aula e com a ajuda dele entendi que outras matérias juntas são importantes pra entender a natureza...trabalho em equipe dá trabalho, nem todo mundo ajuda, mas no final eu gostei do vídeo”.

Pelos relatos dos alunos constata-se que puderam compreender que um estudo científico, como a compostagem/vermicompostagem, não se limita apenas aos conceitos da área das ciências biológicas, mas que pode ser multidisciplinar, envolvendo outras áreas do conhecimento como a matemática e a computação, por exemplo, demandando organização, tempo, e paciência, para executar uma pesquisa científica. Saber trabalhar em equipe é outro aprendizado imprescindível na formação de um bom cientista, a cumplicidade na busca pela meta a ser alcançada depende do esforço de cada membro do grupo, conforme expôs A2.

Outras falas que demonstram a motivação dos alunos, suas compreensões e iniciativas como agentes de transformação social ao se trabalhar com a compostagem, é expressa por A3 e A4:

“Gostei de estudar assim, a compostagem é muito importante pra sociedade e já sei como fazer pra aproveitar o lixo...dá pra fazer em casa, não desperdiça nada e ainda ajuda o meio ambiente” (A3).

O aluno A4 complementa *“...eu posso fazer em casa o que aprendi na escola e com outras minhocas também, é fácil e não custa quase nada”.*

Percebe-se nas falas dos alunos a consciência adquirida por meio do projeto sobre a importância social e ambiental ao se trabalhar com a compostagem, além dos encantamentos das descobertas relatadas por alguns alunos.

O aluno A5, por exemplo, apontou que: *“não tinha ideia que minhoca não tinha sexo separado [hermafroditismo, grifo nosso]...que ela respira não como a gente respira, mas usa a pele dela pra isso [respiração cutânea, grifo nosso]”.*

É justamente esse encantamento expresso por A5 que práticas experimentais de ensino de ciências devem ser perpetradas nos anos iniciais na escola, instigando no aluno o prazer de aprender, envolvendo-o em sua curiosidade inata por meio de metodologias de ensino e de aprendizagem previamente estabelecidas pelo professor.

Portanto, nos encontros com práticas da compostagem, utilizamos uma abordagem investigativa que elencou: Problemáticas Abertas para os alunos, Zona de Desenvolvimento

A placa de arduino como ferramenta no ensino de ciências por investigação na compostagem/vermicompostagem em temática socioambiental aplicada. Potencial, Favorecer a Reflexão dos Alunos, Emitir uma Hipótese, Planejamento de Atividades Investigativas, algumas atribuições da perspectiva Ciências, Tecnologia, Sociedade e Ambiente-CTSA, na Comunicação e no Debate, Validação da Hipótese e Convencimento Argumentativo dos Pares, conforme resumido na Figura 1 (adaptado de Freitas, 2008).

Figura 1: Fluxograma da atividade investigativa utilizada no processo de compostagem. As etapas podem ser retomadas a qualquer momento. As setas de fluxo facilitam a ideia sequencial da metodologia proposta.



Fonte: própria do autor.

O papel chave de uma situação-problema é apresentar características tanto desafiadoras quanto estimulantes, isentando o educando de uma resposta imediatista e de uma solução pronta, mas que esteja dentro de sua capacidade cognitiva na resolução do desafio. Procura-se, por exemplo, resolver uma dada situação advinda de uma notícia televisiva ou impressa, um podcast, um documentário e/ou outro recurso de comunicação cedido pelo professor (Carvalho, 2013; Reis, 2022).

Buscamos realizar a problematização com os alunos estimulando-os ao debate e resolução de problemas, ou seja, desafios. Por esse viés, ocorreu o levantamento das hipóteses em sala de aula onde o discente passou a ser o protagonista na criação e validação de suas ideias com autonomia sobre a problematização elencada pelo professor.

Nesse percurso, destacamos os seguintes questionamentos: qual o melhor método para realizar a compostagem e a vermicompostagem? Como podemos averiguar e acompanhar na prática a diferença entre as duas técnicas?

Outro ponto importante no desenvolvimento dessa etapa da atividade foi o acompanhamento da verificação e validação das hipóteses levantadas para que pudessem compreender esse conceito científico com encaminhamentos metodológicos condizentes com o desafio-problema. Após a problematização, foi realizada uma atividade de sistematização do conhecimento construído pelos alunos. Sistematização essa, praticada por meio da leitura textual cedida pelo professor sobre a temática, bem como uma pesquisa direcionada e orientada na internet como um recurso didático-pedagógico de ensino e aprendizagem, como aponta Carvalho (2013).

Conforme elencado na Figura 1, as Problemáticas Abertas são interessantes para que o professor leve um texto, ou mesmo um documentário, uma charge, ou outros materiais de apoio para a sala, desde que o aluno possua certo entendimento prévio do assunto, e que esse apresente uma sequência de etapas, visando dar oportunidade aos alunos de levantarem e testarem suas hipóteses. Já a Zona de Desenvolvimento Potencial é o momento em que os alunos, em grupos formados em sala (de três a cinco componentes, preferencialmente), troquem ideias entre si sobre a temática como forma de prestar auxílio mútuo e de dirimir dúvidas no processo de aprendizagem, o que já favorece a reflexão quanto à organização e ao entendimento de seus conceitos científicos. Conforme expressou o aluno A6:

“... agora já consigo entender melhor que a compostagem é pra aproveitar o lixo, a gente recicla o resíduo de nosso lixo e as minhocas ajudam a gente pra usar como adubo ou húmus ajudando o meio ambiente e nossa horta”.

Nesta fala detectamos que A6 conseguiu entender, enquanto conceito básico de ciências, que a compostagem é um meio de processos de decomposição biológica onde a massa reciclável tratada acaba sendo transformada em nutrientes (adubo, húmus) a serem utilizados posteriormente na produção de alimentos em hortas escolares, por exemplo, e na recuperação de áreas degradadas pela ação humana.

Muitas foram as indagações que os “pequenos cientistas” expressaram durante os experimentos e que cuidávamos de compartilhá-las na sala de aula com as turmas, instigando os alunos a buscarem suas respostas. Destacamos as mais preeminentes: *“Por que as minhocas ficam enroladas umas nas outras? Por que usar as minhocas californianas no experimento, outras minhocas não serviriam também? Por que algumas regiões da caixa apresentavam maior população de minhocas? Como as*

A placa de arduino como ferramenta no ensino de ciências por investigação na compostagem/vermicompostagem em temática socioambiental aplicada. *minhocas conseguem respirar se estão dentro de uma caixa fechada, ali tem oxigênio? Por que é preciso revolver a terra na caixa? Por que as minhocas ficam debaixo da terra, elas não gostam da luz ambiente e do sol?”*

Como podemos observar, a formulação de questões como essas denota o desenvolvimento e o amadurecimento intelectual ocorridos durante o processo da formação no ensino e na aprendizagem ao longo do projeto, de modo que os alunos foram estimulados e conduzidos pelo professor a buscar suas respostas por meio da pesquisa na literatura científica utilizando portais eletrônicos como SciELO, CAPES e Google Acadêmico nos laboratórios de informática e biblioteca física da escola, compartilhando-as posteriormente com a turma.

Os encontros valorizaram a observação, coleta e interpretação dos dados experimentais, estimulando os alunos a procurarem em diversos sítios na internet imagens dos animais que se encontrassem na caixa da vermicompostagem, com o objetivo de perceberem a riqueza e diversidade desse microecossistema. Dentre eles, destacamos: minhocas brancas (*Enchytraeidae*), Ácaros (*Oribatida*), Colêmbolos (*Collembola*), Moscas (*Díptera*), Mosca Soldados *Hermetia illucens* e Suas Larvas (*Bigato*), Mosca da Fruta (*Drosophila melanogaster*), Formigas (*Formicidae*), Besouro (*Coleópteros*), Piolho de Cobra (*Diplópodes*), Centopeias (*Quilópodes*), Nematóide (*Nematóides*), Lesmas e Caracóis (*Gastrópodes*), Tesourinha (*Dermaptera*) e pequenas Aranhas (*Aracnídeos*).

Destacamos a fala de A7 em seu pronunciamento: “. . .a terra tem muita riqueza de bichinhos e todos vivem junto com as minhocas pra ajudar na compostagem, todo mundo ajuda todo mundo”, enquanto A8 foi um pouco mais além e assertivo:

“...esse projeto da compostagem me ensinou muito, devemos respeitar a terra...muitas prefeituras, escolas e o governo devem monitorar para não ter mais lixões por aí e sim aterro sanitários, como o professor ensinou pra gente sobre a ONU e a ODS”.

O aluno A8 conseguiu além de relacionar a importância da compostagem enquanto proposta de política socioambiental, linkou os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). Um sujeito que, por meio da politização adquirida pelo projeto poderá ser um agente de transformação social ao compartilhar ensinamentos e saberes adquiridos pela escola.

No experimento, os alunos utilizaram uma placa de Arduino e um sensor DHT11 para monitorar as caixas, uma placa Arduino (uno), um resistor, um sensor DHT11, fios de conexão e um computador, montaram o sistema de monitoramento de temperatura e umidade, coletaram os dados, produziram tabulações e gráficos.

Dessa forma, puderam averiguar a existência de períodos diferentes para a decomposição da matéria orgânica nas caixas, entre a vermicompostagem e a compostagem, associados às variáveis temperatura/umidade com os dados experimentais computados sistematicamente. Na vermicompostagem, por exemplo, perceberam que a temperatura da caixa variou de 8 °C a 35 °C com uma umidade de 60% a 80%, e a necessidade da aplicação de água entre 2 e 3 vezes ao dia até a finalização na produção de húmus, que durou em torno de 45 dias. A compostagem seca (ausência das minhocas) necessitou de 30% a 40% de umidade e a temperatura da caixa variou de 20 °C a 60 °C, levando 180 dias para sua total maturação.

Os alunos, portanto, por meio dos dados experimentais, e com a ajuda do professor e dos textos selecionados nas aulas, compreenderam que as bactérias termófilas, principais decompositoras dos alimentos, foram as responsáveis pela elevada temperatura (energia calorífica) da compostagem quando comparada a da vermicompostagem. E que, a temperatura estimulou a multiplicação dessas bactérias, bem como a decomposição dos restos de alimentos, eliminando patógenos na higienização do composto para uso seguro na agricultura.

Na vermicompostagem, por outro lado, compreenderam que a eliminação de patógenos, eventualmente presentes nos alimentos, ocorre no trato digestivo das minhocas, tornando a técnica restrita a certos tipos de material orgânico para sua decomposição e reciclagem (Tabela 2).

Os alunos A10 e A11 apresentaram, respectivamente, um entendimento condizente com as expectativas do projeto ao declarar que:

“o projeto me mostrou melhor na prática a diferença entre compostagem sem minhoca e a compostagem com minhoca, o que posso colocar e o que não posso colocar na terra pra fazer um e no outro não” (A10).

A11 foi além, *“bactérias são importantes pra terra e pra compostagem, e as minhocas ajudam elas pra terminar logo o experimento”.*

Portanto, as aulas investigativas destacam-se no ensino, como reportaram os alunos A10 e A11, como uma oportunidade para que participem ativamente do processo de aprendizagem, podendo assim reconhecer a relevância dos conteúdos trabalhados em sala de aula à vida cotidiana.

A Tabela 1 e a Figura 2 apresentam, respectivamente, o fluxograma das atividades, e os dados produzidos pelos alunos durante os experimentos. O húmus de minhoca quando finalizado para uso agrícola assemelhou-se à aparência de um pó de café com aplicabilidade em vasos de plantas, hortas, substrato para germinação, dentre outras funções. Essa última etapa foi gratificante, já que os próprios alunos puderam colocar na horta da escola os insumos por eles produzidos.

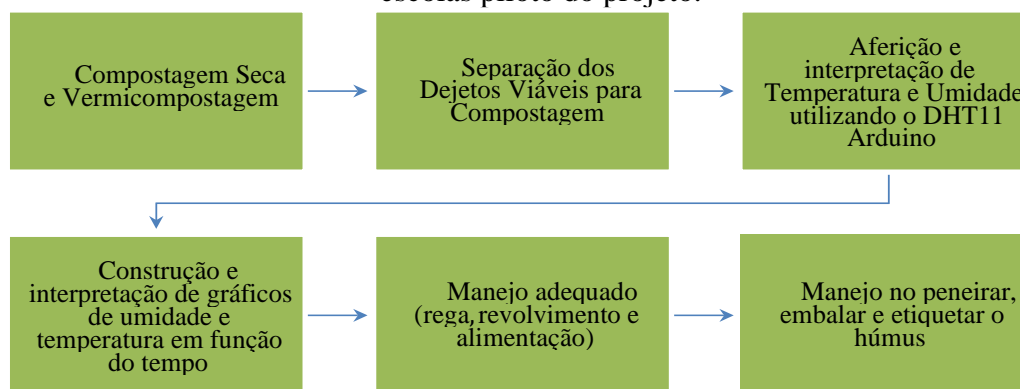
A placa de arduino como ferramenta no ensino de ciências por investigação na compostagem/vermicompostagem em temática socioambiental aplicada.

Tabela 1- Dados obtidos do Manejo da Compostagem e da Vermicompostagem pelos alunos do projeto.

Materiais e variáveis	Vermicompostagem	Compostagem Seca
Organismos	Realizado por uma ampla biodiversidade de organismos, principalmente as minhocas californianas e africanas (as que mais aceleram o processo da vermicompostagem).	Realizada por uma ampla biodiversidade de organismos, sem a presença de minhocas.
Temperatura	Temperatura ideal no intervalo de 12 a 40°C, variando em algumas regiões do Brasil.	Temperatura no intervalo de 20 a 60° C.
Umidade	Umidade no intervalo 60 a 80 % na superfície da caixa.	Umidade no intervalo de 20 a 60 % na superfície da caixa.
Tempo de Formação de Compostos Húmicos	Intervalo de 30 a 45 dias.	Aproximadamente 180 dias (6 meses).
Aplicações do Húmus	Canteiro de hortas na escola, vasos ornamentais e árvores frutíferas.	

Fonte: própria do autor.

Figura 2- Fluxograma do processo de vermicompostagem e compostagem seca empregado nas escolas piloto do projeto.



Fonte: própria do autor.

Eles aprenderam, ao longo do projeto, a diferenciar ambos os métodos de compostagem, e adquiriram e desenvolveram habilidades cognitivas de aprendizagem durante os experimentos, dentre elas a produção, e a interpretação dos dados nos gráficos, finalizando assim uma importante etapa do ensino-aprendizado proposto pelo projeto.

Ressaltamos que é fundamental que o professor explore a argumentação de seus alunos possibilitando a eles um espaço para responder, questionar, concluir, e desenvolver a apropriação da

argumentação científica em si, indo muito além de simples coletas de dados experimentais. A não utilização de uma linguagem demasiadamente científica com o uso de tecnologias sofisticadas por parte do professor é outro ponto fundamental para que o aluno possa responder com maior propriedade e leveza os questionamentos durante o experimento com algumas intervenções do professor, quando necessário (Sasseron, 2008).

Conforme já mencionamos, os alunos evidenciaram pela pesquisa quais materiais são adicionados e permitidos na vermicompostagem (pó de café, sachê de chá, aparas de vegetais, por exemplo), os que não podem ser usados no processo de compostagem (alimentos cozidos, maionese, extrato de tomate, entre outros), e os que necessitam de uma pré-compostagem com o objetivo de diminuir a acidez e sua interferência no crescimento e desenvolvimento da microbiota do sistema (casca de frutas cítricas, por exemplo), conforme a Tabela 2.

Tabela 2- Diferentes materiais que podem ser utilizados na decomposição de matéria orgânica.

Tipos de Compostagem	Materiais sem restrições	Materiais que são proibidos
Vermicompostagem Compostagem Seca	Frutas, Legumes, Verduras, Grãos e Sementes, Sachê de Chá, Borra e Filtro de Café.	Carnes, Frutas Cítricas, Temperos Fortes (pimenta, alho, cebola), óleos e gorduras, líquidos (iogurtes, leite, caldos, sopa, feijão, fezes de animais domésticos e papéis (Higiênicos, jornais e papelões).

**Materiais com restrições e sem restrições para os tipos de compostagem pesquisada pelos alunos*

Fonte: própria do autor.

Portanto, a aprendizagem significativa do tema compostagem/vermicompostagem conduziu à integração de um estudo voltado a vida cotidiana do aluno, associando a forma prática das atividades experimentais à compreensão dinâmica dos conceitos científicos propostos no projeto. O cerne desse processo de aprendizagem foi justamente a relação entre as ideias expressas no antes e no depois das atividades em sala de aula, com informações previamente adquiridas por meio de uma conexão significativa em que, as novas ideias eram associadas a aspectos relevantes da estrutura cognitiva do aluno como imagens, símbolos, conceitos ou proposições obtidas ao longo do projeto.

Considerações Finais

Nos últimos anos, a perspectiva interdisciplinar tem ganhado destaque significativo nas discussões acadêmicas e científicas, destacando-se como uma abordagem central na evolução do ensino. Dessa forma, a interdisciplinaridade ao qual propusemos no projeto se apresentou como uma

A placa de arduino como ferramenta no ensino de ciências por investigação na compostagem/vermicompostagem em temática socioambiental aplicada. alternativa crucial à produção de um conhecimento inovador e complementar frente ao tradicional conhecimento disciplinar, comumente realizado nas escolas.

Além disso, constatamos que muitos alunos perceberam o quão importante foi o papel do exercício à cidadania desenvolvido em sala de aula por meio dos conceitos científicos adquiridos sobre compostagem/vermicompostagem, sua relação política e social com o saneamento básico e de qualidade, a coleta seletiva do lixo, o tratamento da água e o esgoto, bem como a importância da participação do cidadão na tomada de decisões frente ao poder público federal, estadual e municipal em todo o território nacional. Foi possível estimular o educando a compreender que os problemas ambientais exigem ações de mudanças de paradigmas por parte da sociedade como um todo, e que essa mudança só ocorre por meio de uma alfabetização científica de qualidade promovida na escola.

O reconhecimento desse esforço conjunto da escola e da comunidade culminou em premiações e demais honrarias ao mérito alcançado, conforme apontamos na narrativa textual desse artigo. Uma “luz no fim do túnel” que nos dá a certeza de que o Brasil pode sair do tétrico ranking de classificação como um dos piores países no Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) nas áreas do ensino de ciências, dentre outras.

Salientamos ainda que, o papel do professor em ser o mediador do conhecimento desenvolvido em sala de aula pela dialogicidade entre sujeitos é imprescindível como demonstramos neste projeto em duas escolas da periferia do município de São Carlos, SP.

Lamentavelmente, projetos dessa natureza, aqui relatados, deveriam ser uma práxis nas escolas, e não práticas esporádicas. A carência, portanto, de currículos que contemplem interações entre a ciência e o cotidiano do aluno, a tecnologia e o meio ambiente, proporcionando visão crítica para tomada de decisões sobre problemas sociais, é um grande gargalo nas escolas brasileiras.

O sistema condicionante e castrador do vestibular como meta de ensino a ser alcançado pelo maior número de aprovados nas universidades públicas dita as normas dessa política nefasta nas escolas, alija o aluno em sua formação cidadã plena, alienando-o num sistema econômico, cultural e social neoliberal desigual.

Exigir maior atenção ao Ensino Básico e Fundamental, buscando promover aprendizagens significativas, constante atualização na formação e valorização de professores, aproximando a escola da universidade com parcerias em projetos de pesquisa e inovação à população estudantil em vulnerabilidade econômica, é o caminho mais lúcido que arriscamos apontar para atingir, quiçá um dia, o bem-estar social coletivo.

Referências

SÃO PAULO. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. (2023). **Fechamento de salas durante o ano letivo desemprega professores e prejudica processo de aprendizagem, 2023**

BRASIL. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 2021.

BACICH, L; MORAN, J. (Org.). **Metodologias Ativas Para Uma Educação Inovadora: uma abordagem teórico-prático**. Porto Alegre: Penso Editora Ltda., 2018.

BONFIM, D. D. S.; COSTA, P. C. F.; NASCIMENTO, W. J.. **A abordagem dos três momentos pedagógicos no estudo de velocidade escalar média**. *Experiências em Ensino de Ciências*. v. 13, n. 1, p. 187-197, 2018.

CARVALHO, A. M. (Org.). **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning. v.1, 2013.

DIAS, E. A. Progresso científico e verdade em Popper. **Trans/form/ação**, v. 38, n. 2, p. 163-173, 2015.

DIAS, L.M.M, Silva, M.V.R.D, Faial, K.D.C.F, Vasconcelos, N.T, Maia, R.F, Souza, J.A.S, Macedo, E.N. Avaliação de metais potencialmente tóxicos em chorume proveniente de área de deposição de resíduos sólidos em Belém-Pará. **Química Nova**. v. 45, n. 9. p. 1047–1052. 2022. DOI <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170912> .Disponível em: <https://quimicanova.sbq.org.br/pdf/AR2021-0325>. Acesso em: 20 jul. 2024.

FIGUEIREDO, M.C, MENDES, M. CTSA no programa de residência pedagógica em química: subsídios formativos à docência. **HOLOS**, v. 1, n.39. 2023.DOI: DOI: 10pts.15628/holos.2023.14427. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/14427>. Acesso em: 13 mai. 2024.

FREITAS, D. de. Educação ambiental e o papel do/a professor/a: educar para além da sociedade do conhecimento. **Quanta ciência há no ensino de ciências**. São Carlos: Edufscar, p. 239-249, 2008.

JACOBI, P. Do centro à periferia: Meio ambiente e cotidiano na cidade de São Paulo. **Ambiente & Sociedade**, v.6. n.7.p.145–162. 2000.

LIMA, KMCFM; CAMPOS, C. de S.; BRITO, AL de. O podcast como ferramenta ao ensino: implicações e possibilidades educativas. In: Anais VII CONEDU-Edição Online. Campina Grande: **Realize Editora**, 2020.

MARTINS, H. H. T. de S. Metodologia Qualitativa De Pesquisa. **Educação e Pesquisa**. v. 30, n. 2, p. 289-300, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ep/a/4jbGxKMDjKq79VqwQ6t6Ppp/?format=pdf>. Acesso em: 13 jul. 2024.

A placa de arduino como ferramenta no ensino de ciências por investigação na compostagem/vermicompostagem em temática socioambiental aplicada.

OLIVEIRA, D. G., FONSECA, W. Robótica Pedagógica, uma forma diferenciada para o ensino de Ciências na região Amazônica. **Educitec-Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, v. 4, n. 09, p. 278-288, 2018.

OLIVEIRA, L. C. R. de., GENOVESE, L. G. R. CARVALHO, W. L. P. de., GENOVESE, C. L. de C. R. O conceito de dialogicidade de Paulo Freire e as questões sociocientíficas na formação de professores dos anos iniciais sobre a presença de água no Sistema Solar. **Ciência & Educação** Bauru, v. 29, p. e23052, 2023.

REIS, L. T. Atividades investigativas como promotoras da argumentação no ensino de ciências. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**. v. 11, n. 1, p. e51011125138, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i1.25138. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/25138>. Acesso em: 2 mai. 2024.

SANTOS, M. C. M. DOS. O ensino de biologia por investigação: um estudo de caso contextualizado no ensino de jovens e adultos. **Revista Brasileira de Educação**, v. 27, p. e270058, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-2478202270058>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbedu/a/3McKjZYLvbxLRR3rPMDV4G/>. Acesso em: 2 mai. 2024.

SANTOS, W. L. P. e MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio Pesquisa em educação em ciências**, v. 2, n. 2, p. 1-23, 2002.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 17, p. 49-67, 2015.

SASSERON, L. H; DE CARVALHO, A.M.P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em ensino de ciências**, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008.

SCHIEDECK, G., SCHWENGBER, J., SCHIAVON, G. D. A., GONÇALVES, M. D. M. Minhocultura: produção de húmus. Brasília, DF. **Embrapa, ABC da Agricultura Familiar**. 2. ed. rev. e ampl 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/128305/1/ABC-Minhocultura-ed02-2014.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2024.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO-SNIS. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/>. Acesso em: 12 de dez, 2023.



Os direitos de licenciamento utilizados pela revista Educação em Foco é a licença *Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International* (CC BY-NC-SA 4.0)

MARTINS; SOUZA; CORTEZ

Recebido em: 06/08/2024
Aprovado em: 15/04/2025