

ELETROMAGNETISMO COM SMARTPHONES – PERSPECTIVAS TEÓRICAS E PRÁTICAS PARA O ENSINO DE CAMPOS MAGNÉTICOS E INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA NO CONTEXTO EDUCACIONAL

ELECTROMAGNETISM WITH SMARTPHONES – THEORETICAL AND PRACTICAL PERSPECTIVES FOR TEACHING MAGNETIC FIELDS AND ELECTROMAGNETIC INDUCTION IN EDUCATIONAL CONTEXTS

ELECTROMAGNETISMO CON SMARTPHONES – PERSPECTIVAS TEÓRICAS Y PRÁCTICAS PARA LA ENSEÑANZA DE CAMPOS MAGNÉTICOS E INDUCCIÓN ELETROMAGNÉTICA EN CONTEXTOS EDUCATIVOS

José Neto de Oliveira Felipe¹, Carlos Eduardo Teles Alencar², Wagner Roberto Batista³, Edimar Fonseca da Fonseca⁴, Rodrigo Oliveira Miranda⁵, Camila Freitas Sarmiento⁶, Marcela Boroski⁷, Flavio Gomes Figueira Camacho⁸, Rodrigo Andrade dos Santos⁹, Carla Valéria Ferreira Tavares¹⁰, Airton Martins de Andrade¹¹, Mateus Figueredo da Silva¹², José Carlos da Silva Júnior¹³, José Augusto Lima Corrêa¹⁴, Caio Maia Nepomuceno¹⁵

DOI: 10.54899/dcs.v23i87.4503

Recibido: 07/01/2026 | Aceptado: 30/01/2026 | Publicación en línea: 06/02/2026.

¹ Mestre em Ensino de Física, Faculdade de Caldas Novas (UNICALDAS), Caldas Novas, Goiás, Brasil.
E-mail: profnetomatfis@gmail.com

² Graduado em Ciência de Dados, Universidade Federal do Ceará (UFC), Itapipoca, Ceará, Brasil.
E-mail: eteles352@gmail.com

³ Doutor em Agronomia – Energia na Agricultura., Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), Uberaba, Minas Gerais, Brasil. E-mail: wagner.batista@uftm.edu.br

⁴ Doutor em Educação em Ciências, Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: fonseca.edimar@gmail.com

⁵ Doutor em Administração de Empresas, Universidade Estadual do Ceará (UECE), Fortaleza, Ceará, Brasil.
E-mail: ro.miranda87@hotmail.com

⁶ Doutora em Ciência da Computação, Instituto Federal do Piauí (IFPI), São Raimundo Nonato, Piauí, Brasil.
E-mail: camila.sarmiento@ifpi.edu.br

⁷ Doutora em Química, Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil. E-mail: marcela.boroski@unila.edu.br

⁸ Doutorando em Energia e Sustentabilidade, Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil. E-mail: fgf.camacho.2023@aluno.unila.edu.br

⁹ Mestre em Engenharia Civil, Instituto de Pesquisa Tecnológicas de São Paulo (IPT), Guarulhos, São Paulo, Brasil.
E-mail: sarodrigoandrade@gmail.com

¹⁰ Mestra em Ensino de Ciências e Educação Matemática, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Carpina, Pernambuco, Brasil. E-mail: carlafisica83@gmail.com

¹¹ Especialista em Administração de Banco de Dados, Universidade de Uberaba (UNIUBE), Ibiá, Minas Gerais, Brasil. E-mail: airtonmartins@hotmail.com

¹² Especialista em Física Médica Aplicada, Faculdade Focus, Brasília, Distrito Federal, Brasil.
E-mail: professormateusfsilva@gmail.com

¹³ Especialista em Docência para Educação Profissional e Tecnológica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES), Colatina, Espírito Santo, Brasil. E-mail: josecarlos.consultoria108@gmail.com

¹⁴ Especialista em Docência do Ensino Superior, Universidade Nove de Julho (UNINOVE), Brasília, Distrito Federal, Brasil. E-mail: augustolima.rt@gmail.com

¹⁵ Bacharel em Farmácia, Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP - ULBRA), Palmas, Tocantins, Brasil.
E-mail: farmacmn@gmail.com

RESUMO

Em um cenário marcado pela ubiquidade das tecnologias móveis, os smartphones consolidaram-se como artefatos culturais, comunicacionais e cognitivos que reorganizam modos de aprender, interagir e produzir conhecimento no cotidiano. Paralelamente, o ensino de conceitos científicos abstratos – como campos magnéticos, indução eletromagnética e fenômenos correlatos – ainda enfrentam dificuldades históricas relacionadas à excessiva matematização, à distância entre teoria e experiência concreta e à escassez de laboratórios didáticos em muitas instituições educacionais. Nesse contexto, emerge a necessidade de estratégias pedagógicas que articulem ciência, tecnologia e práticas sociais, aproximando os conteúdos da realidade vivida pelos estudantes e favorecendo aprendizagens mais significativas, investigativas e acessíveis. Partindo dessa perspectiva, o presente estudo compreende o smartphone não apenas como dispositivo técnico, mas como ferramenta pedagógica multifuncional capaz de integrar sensores, aplicativos, recursos de visualização de dados e ambientes colaborativos, possibilitando experimentação científica de baixo custo em diferentes áreas do conhecimento. Desse modo, o objeto de investigação deste artigo consiste nas potencialidades teóricas e práticas do uso de smartphones como instrumentos didáticos para o ensino-aprendizagem de fenômenos eletromagnéticos em contextos educacionais formais e não formais. Como pergunta de partida, indaga-se: de que maneira a integração pedagógica de smartphones pode contribuir para a compreensão conceitual, a experimentação prática e a democratização do ensino de eletromagnetismo, favorecendo abordagens interdisciplinares, metodologias ativas e maior engajamento estudantil? Teoricamente, fizemos uso dos trabalhos de Dewey (1997; 2007; 2018), Driver (1993; 1995), Feynman (1992; 2006; 2018), Gershenfeld (2005; 2017), Griffiths (2012; 2013), Hodson (1998; 2011), Papert (2020), Purcell (1977; 2011), Resnick (2017), Tipler e Llewellyn (2012), Warschauer (2003), Castells (2003; 2015), entre outros. A pesquisa é qualitativa (Minayo, 2007), bibliográfica e descritiva (Gil, 2008) e com o viés analítico compreensivo (Weber, 1949). Os resultados evidenciam que a integração pedagógica de smartphones potencializa a compreensão conceitual de fenômenos eletromagnéticos ao articular experimentação prática, coleta de dados em tempo real e visualização gráfica acessível, aproximando teoria e experiência concreta. Constatou-se, ainda, que o uso desses dispositivos amplia o acesso ao experimento científico, reduz a dependência de laboratórios especializados e favorece a inclusão de contextos escolares com poucos recursos. Ademais, promove protagonismo discente, aprendizagem investigativa, trabalho colaborativo e integração interdisciplinar entre ciência, tecnologia e sociedade. Desse modo, os smartphones configuram-se como ferramentas didáticas mediadoras capazes de democratizar, contextualizar e tornar mais significativo o ensino de eletromagnetismo.

Palavras-chave: Smartphones Educacionais, Eletromagnetismo, Experimentação Científica, Metodologias Ativas.

ABSTRACT

In a context marked by the ubiquity of mobile technologies, smartphones have become consolidated as cultural, communicational, and cognitive artifacts that reorganize ways of learning, interacting, and producing knowledge in everyday life. At the same time, the teaching of abstract scientific concepts – such as magnetic fields, electromagnetic induction, and related phenomena – still faces historical difficulties associated with excessive mathematization, the gap between theory and concrete experience, and the scarcity of didactic laboratories in many educational institutions. In this context, there emerges a need for pedagogical strategies that

articulate science, technology, and social practices, bringing content closer to students' lived realities and fostering more meaningful, investigative, and accessible learning. From this perspective, the present study understands the smartphone not merely as a technical device, but as a multifunctional pedagogical tool capable of integrating sensors, applications, data visualization resources, and collaborative environments, enabling low-cost scientific experimentation across different areas of knowledge. Thus, the object of investigation of this article consists of the theoretical and practical potentialities of using smartphones as didactic instruments for teaching and learning electromagnetic phenomena in formal and non-formal educational contexts. As a guiding question, the study asks: in what ways can the pedagogical integration of smartphones contribute to conceptual understanding, practical experimentation, and the democratization of electromagnetism education, fostering interdisciplinary approaches, active methodologies, and greater student engagement? The theoretical framework draws on the works of Dewey (1997; 2007; 2018), Driver (1993; 1995), Feynman (1992; 2006; 2018), Gershenfeld (2005; 2017), Griffiths (2012; 2013), Hodson (1998; 2011), Papert (2020), Purcell (1977; 2011), Resnick (2017), Tipler and Llewellyn (2012), Warschauer (2003), Castells (2003; 2015), among others. The research adopts a qualitative approach (Minayo, 2007), with a bibliographic and descriptive design (Gil, 2008) and an interpretive-comprehensive analytical perspective (Weber, 1949). The results indicate that the pedagogical integration of smartphones enhances conceptual understanding of electromagnetic phenomena by articulating practical experimentation, real-time data collection, and accessible graphical visualization, bringing theory closer to concrete experience. It was also found that the use of these devices broadens access to scientific experimentation, reduces dependence on specialized laboratories, and promotes inclusion in low-resource school contexts. Moreover, it encourages student protagonism, investigative learning, collaborative work, and interdisciplinary integration between science, technology, and society. Thus, smartphones are configured as mediating didactic tools capable of democratizing, contextualizing, and making the teaching of electromagnetism more meaningful.

Keywords: Educational Smartphones. Electromagnetism. Scientific Experimentation. Active Methodologies.

RESUMEN

En un contexto marcado por la ubicuidad de las tecnologías móviles, los smartphones se han consolidado como artefactos culturales, comunicacionales y cognitivos que reorganizan las formas de aprender, interactuar y producir conocimiento en la vida cotidiana. Paralelamente, la enseñanza de conceptos científicos abstractos –como los campos magnéticos, la inducción electromagnética y fenómenos afines– sigue enfrentando dificultades históricas relacionadas con la excesiva matematización, la distancia entre la teoría y la experiencia concreta, y la escasez de laboratorios didácticos en muchas instituciones educativas. En este escenario, surge la necesidad de estrategias pedagógicas que articulen ciencia, tecnología y prácticas sociales, aproximando los contenidos a la realidad vivida por los estudiantes y favoreciendo aprendizajes más significativos, investigativos y accesibles. Desde esta perspectiva, el presente estudio comprende el smartphone no solo como un dispositivo técnico, sino como una herramienta pedagógica multifuncional capaz de integrar sensores, aplicaciones, recursos de visualización de datos y entornos colaborativos, posibilitando la experimentación científica de bajo costo en distintas áreas del conocimiento. De este modo, el objeto de investigación del artículo consiste en las potencialidades teóricas y prácticas del uso de smartphones como instrumentos didácticos para la enseñanza y el aprendizaje de fenómenos electromagnéticos en contextos educativos formales y no formales. Como pregunta

de partida, se indaga: ¿de qué manera la integración pedagógica de los smartphones puede contribuir a la comprensión conceptual, la experimentación práctica y la democratización de la enseñanza del electromagnetismo, favoreciendo enfoques interdisciplinarios, metodologías activas y un mayor compromiso estudiantil? Teóricamente, se recurre a los trabajos de Dewey (1997; 2007; 2018), Driver (1993; 1995), Feynman (1992; 2006; 2018), Gershenfeld (2005; 2017), Griffiths (2012; 2013), Hodson (1998; 2011), Papert (2020), Purcell (1977; 2011), Resnick (2017), Tipler y Llewellyn (2012), Warschauer (2003), Castells (2003; 2015), entre otros. La investigación es de enfoque cualitativo (Minayo, 2007), bibliográfica y descriptiva (Gil, 2008), con un sesgo analítico comprensivo (Weber, 1949). Los resultados evidencian que la integración pedagógica de los smartphones potencia la comprensión conceptual de los fenómenos electromagnéticos al articular la experimentación práctica, la recolección de datos en tiempo real y la visualización gráfica accesible, aproximando la teoría a la experiencia concreta. Asimismo, se constató que el uso de estos dispositivos amplía el acceso a la experimentación científica, reduce la dependencia de laboratorios especializados y favorece la inclusión de contextos escolares con pocos recursos. Además, promueve el protagonismo estudiantil, el aprendizaje investigativo, el trabajo colaborativo y la integración interdisciplinaria entre ciencia, tecnología y sociedad. De este modo, los smartphones se configuran como herramientas didácticas mediadoras capaces de democratizar, contextualizar y hacer más significativo el ensino del electromagnetismo.

Palabras clave: Smartphones Educativos. Electromagnetismo. Experimentación Científica. Metodologías Activas.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INTRODUÇÃO – ENTRE TECNOLOGIA COTIDIANA E EXPERIMENTAÇÃO CIENTÍFICA: SMARTPHONES NO ENSINO DE ELETROMAGNETISMO.

Quando observamos o cenário contemporâneo com um pouco mais de calma – isto é, quando deixamos de encarar a tecnologia como pano de fundo neutro e passamos a percebê-la como estrutura organizadora da vida social – torna-se evidente que habitamos uma condição sociotécnica marcada por conectividade contínua, circulação acelerada de informações e presença constante de dispositivos digitais em praticamente todas as esferas do cotidiano. Não apenas trabalhamos, estudamos e nos comunicamos por meio dessas redes, mas também pensamos, lembramos, registramos e produzimos sentidos com elas, como se parte da nossa memória e da nossa cognição estivesse distribuída em telas, nuvens e aplicativos. Assim, diante desse quadro em que tecnologias móveis já estão literalmente ao alcance das mãos, parece pertinente, interessante e produtivo demonstrar como algo tão banalizado – o smartphone que vibra no bolso,

que registra fotos, que mede passos, que aponta direções – pode ser ressignificado como ferramenta didática potente, capaz de aproximar teoria e prática no ensino de ciências. Afinal, como adverte Manuel Castells (2003), ao refletir sobre a centralidade histórica da rede, “[...] a internet se torna a infraestrutura onipresente de nossas vidas” (p. 271), o que significa que ela deixa de ser acessório para tornar-se base material da experiência social. Do mesmo modo, Mark Warschauer enfatiza que “[...] o acesso às tecnologias de informação e comunicação (TICs)¹⁶ é uma condição necessária e fundamental para superar a exclusão social na sociedade da informação” (2003, p. 30), indicando que o acesso significativo às tecnologias pode funcionar como multiplicador de oportunidades educacionais. Entre ubiquidade técnica e potencial formativo, portanto, emerge a necessidade de pensar pedagogicamente esses artefatos cotidianos, convertendo presença em possibilidade e uso disperso em aprendizagem intencional.

[...] as tecnologias da informação não são apenas ferramentas a serem aplicadas, mas processos a serem desenvolvidos. Usuários e criadores podem tornar-se a mesma coisa. Pela primeira vez na história, a mente humana é uma força produtiva direta, não apenas um elemento decisivo do sistema produtivo. A integração entre tecnologias digitais, organização social e práticas culturais redefine profundamente os modos de pensar, comunicar, aprender e produzir sentido, fazendo com que a própria experiência cotidiana seja mediada por redes de informação que estruturam o tempo, o espaço e a ação social (Castells, 2003, p. 70-71).

Além disso, quando aproximamos o olhar do cotidiano juvenil, isto é, quando saímos das grandes categorias abstratas – “sociedade em rede”, “cibercultura”, “transformação digital” – e observamos a cena concreta do pátio escolar, do ônibus lotado, da fila do lanche ou da sala de aula antes do início da prova, percebe-se que o smartphone não é apenas um dispositivo técnico, mas um companheiro permanente, quase uma extensão corporal, por meio do qual os estudantes conversam, registram memórias, pesquisam dúvidas instantâneas, produzem vídeos, escutam música, organizam rotas e constroem pertencimento social. Não apenas comunicam-se, mas

¹⁶ As tecnologias de informação e comunicação (TICs) têm assumido um papel central na reorganização das práticas sociais, culturais e educacionais contemporâneas, incidindo diretamente sobre as formas de produção, circulação e apropriação do conhecimento. No campo educacional, essas tecnologias não se limitam a instrumentos neutros de apoio didático, mas configuram verdadeiros ambientes sociotécnicos que redefinem tempos, espaços, linguagens e relações pedagógicas, exigindo novas mediações por parte dos professores e novas formas de participação dos estudantes. A incorporação das TICs no cotidiano escolar tensiona modelos tradicionais de ensino ao introduzir lógicas de interatividade, conectividade e acesso ampliado à informação, ao mesmo tempo em que expõe desigualdades estruturais relacionadas à infraestrutura, à formação docente e às condições materiais de uso. Assim, compreender as TICs implica reconhecê-las como fenômenos históricos e culturais que carregam projetos, interesses e disputas, demandando uma apropriação crítica e pedagógica orientada não apenas pela inovação técnica, mas pelo compromisso com a democratização do conhecimento e a formação integral dos sujeitos. Ver: KENSKI, Vani Moreira. Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação. 8. ed. Campinas: Papirus, 2012.

pensam com o aparelho, armazenam nele parte de sua memória e, muitas vezes, resolvem problemas cotidianos com alguns toques na tela. Em outras palavras, o celular torna-se artefato cultural, comunicacional e cognitivo ao mesmo tempo, mediando modos de atenção, linguagem e raciocínio. Como lembra Manuel Castells no início de sua reflexão sobre educação na era digital, a formação contemporânea exige “[...] a aquisição da capacidade intelectual de aprender a aprender ao longo de toda a vida, obtendo a informação que está digitalmente armazenada, recombina-a e usando-a para produzir conhecimento” (2003, p. 292), o que desloca a escola de um modelo de transmissão para um modelo de navegação crítica em redes de informação. Adicionalmente, Mark Warschauer (2003, p. 46) afirma, ao discutir os limites da inclusão meramente material, que “[...] possuir um dispositivo, por si só, não constitui acesso completo, pois o uso socialmente significativo depende de habilidades e letramentos”, lembrando-nos de que a presença massiva dos celulares entre os jovens não garante, automaticamente, aprendizagem qualificada. Entre ubiquidade e letramento, portanto, instala-se uma tensão pedagógica central: se esses artefatos já organizam a vida dos estudantes fora da escola, ignorá-los dentro dela significa desperdiçar uma ponte potente entre experiência vivida e conhecimento sistematizado.

Por outro lado, quando deslocamos a discussão do simples “uso do aparelho” para a compreensão do smartphone como artefato cognitivo, isto é, como ferramenta que reorganiza a própria maneira de pensar, recordar, representar e investigar o mundo, a questão ganha uma espessura teórica mais profunda e, ao mesmo tempo, mais desafiadora para a escola. Afinal, não se trata apenas de permitir ou proibir celulares, mas de reconhecer que esses dispositivos já funcionam como extensões da mente, mediando processos de busca, comparação, simulação, registro de dados e produção multimodal de conhecimento. O estudante que fotografa um experimento, grava um áudio para lembrar uma hipótese, usa um aplicativo para medir campo magnético ou consulta uma simulação online não está apenas “consumindo tecnologia”; ele está articulando percepção, memória e raciocínio com ferramentas digitais, distribuindo a inteligência entre corpo e máquina. Logo, a aprendizagem deixa de ser exclusivamente interna e passa a ser ecológica, situada, híbrida. É justamente essa perspectiva que dialoga com o construcionismo de Seymour Papert, para quem o computador – e, por extensão, os dispositivos digitais móveis – opera como mediador do pensamento; como afirma o autor: “[...] o computador pode ser um objeto-para-pensar-com, algo que amplia a capacidade de construir ideias” (2020, p. 11). Mitchel Resnick (2017, p. 32) observa que “[...] as pessoas aprendem melhor quando estão ativamente

engajadas em projetar, criar e experimentar, e não apenas em receber informações prontas”, o que reforça a necessidade de transformar o estudante em produtor de investigações e não mero espectador de explicações. Em razão disso, quando o smartphone é compreendido como laboratório portátil, caderno de campo digital e plataforma de autoria simultaneamente, ele deixa de competir com a atenção discente e passa a tornar-se aliado epistemológico, abrindo espaço para metodologias mais investigativas, autorais e significativas.

Entretanto, quando essa presença maciça dos smartphones atravessa os muros da escola, instala-se uma tensão histórica que não é apenas pedagógica, mas também cultural, ética e política, pois, de um lado, consolidou-se ao longo das últimas décadas um discurso de proibição – baseado na distração, na indisciplina e no medo do descontrole – e, de outro, cresce a percepção de que banir o dispositivo equivale a negar a própria realidade vivida pelos estudantes. Desse modo, a instituição escolar oscila entre confiscar, silenciar ou integrar, como se o celular fosse ora ameaça, ora oportunidade, raramente sendo compreendido como mediação possível do conhecimento. Não se pode ignorar que essa lógica proibicionista, embora muitas vezes bem-intencionada, reforça uma ruptura artificial entre cultura juvenil e cultura escolar, como se aprender exigisse suspender o mundo real para entrar em um espaço asséptico e desconectado. Todavia, à medida que observamos práticas educativas mais investigativas, percebe-se que a aprendizagem se fortalece quando parte da experiência concreta do aluno, quando o que ele já sabe fazer fora da escola é convocado para dentro dela. Nesse horizonte, John Dewey ajuda a iluminar o problema ao afirmar que “[...] separamos a escola da vida quando transformamos o conhecimento em algo externo à experiência do estudante” (Dewey, 1997, p. 48), evidenciando que o isolamento artificial empobrece o sentido formativo do currículo. De modo ainda mais incisivo, Derek Hodson abre sua defesa de um currículo crítico declarando: “[...] o ensino de ciências não deve limitar-se à transmissão de conceitos, mas preparar os jovens para agir sobre o mundo” (2011, p. 3), reforçando que a ciência escolar precisa dialogar com problemas reais e instrumentos reais. Entre a interdição e a integração, portanto, o desafio contemporâneo não é decidir se o celular entra ou não na sala, mas como ele pode ser pedagogicamente ressignificado, transformando-se de foco de conflito disciplinar em dispositivo de investigação, autoria e participação social.

[...] a aprendizagem científica significativa não pode ser alcançada quando os estudantes são tratados apenas como receptores de conhecimento previamente organizado. É necessário envolvê-los ativamente em problemas reais, controversos e socialmente relevantes, nos quais possam mobilizar conhecimentos, valores, interesses e

experiências pessoais. Um currículo que ignora o mundo vivido pelos estudantes e suas formas cotidianas de interação com a ciência e a tecnologia tende a produzir alienação, desinteresse e compreensão superficial. Em contraste, quando o ensino de ciências se ancora em questões concretas da vida social e oferece oportunidades para investigação, debate, tomada de decisão e ação, os estudantes passam a compreender a ciência como um recurso para interpretar e intervir no mundo que habitam (Hodson, 2011, p. 64-65).

Nesse contexto, ao voltarmos o olhar especificamente para o ensino de ciências – e, mais detidamente, para o ensino de conceitos físicos abstratos como campo elétrico, indução eletromagnética, fluxo magnético ou ondas invisíveis ao olhar humano – emerge um conjunto de dificuldades históricas que não pode ser tratado como mero problema metodológico pontual, mas como entrave estrutural da própria cultura escolar. Com frequência, as aulas se organizam em torno de fórmulas no quadro, manipulações algébricas extensas e exercícios padronizados, enquanto o fenômeno concreto, aquele que vibra, oscila, se desloca e interage no mundo real, permanece distante da experiência sensível do estudante. O eletromagnetismo, por exemplo, que no cotidiano se manifesta no carregador do celular, no motor do ventilador, no alto-falante do fone de ouvido ou no GPS do aparelho, acaba sendo apresentado como um conjunto de símbolos descolados da vida prática. Não apenas se dificulta a compreensão conceitual, mas também se produz uma sensação recorrente de estranhamento, como se a física fosse território exclusivo de especialistas, inacessível à curiosidade comum. A esse respeito, Rosalind Driver chama atenção para o fato de que “[...] os estudantes não chegam às aulas como páginas em branco; eles constroem explicações próprias a partir da experiência cotidiana” (1995, p. 10), o que significa que ignorar essas concepções prévias tende a ampliar a distância entre linguagem científica e compreensão real. Em diálogo com essa crítica, Richard Feynman lembra que “[...] a ciência é uma maneira de tentar não se enganar a si mesmo” (1992, p. 187), sublinhando que compreender fenômenos exige experimentação, dúvida e contato direto com a realidade, e não mera repetição formal de equações. Entre abstração excessiva e ausência de experiência, portanto, consolida-se uma lacuna pedagógica que transforma conteúdos potencialmente fascinantes em obstáculos cognitivos, reforçando a urgência de estratégias que tornem visível o invisível, manipulável o intangível e investigável aquilo que, hoje, permanece apenas no plano do cálculo.

Ao mesmo tempo, quando descemos do plano estritamente didático para as condições materiais concretas das escolas públicas, a discussão ganha um contorno ainda mais complexo e, de certo modo, mais urgente, pois não se trata apenas de melhorar metodologias, mas de enfrentar desigualdades estruturais profundas que limitam o próprio direito ao experimento científico. Em muitas instituições, sobretudo nas periferias urbanas e em contextos rurais, laboratórios de física

simplesmente não existem, ou, quando existem, permanecem fechados por falta de manutenção, reagentes, peças ou técnicos especializados; aparelhos caros tornam-se obsoletos, bobinas queimam, sensores quebram, e o que sobra é o quadro, o livro e a abstração. Nessa direção, a experiência empírica – que deveria ser o coração da ciência – transforma-se em exceção esporádica, quase um evento raro no calendário escolar. Não apenas se restringe o acesso ao fazer científico, mas também se reforça a ideia de que investigar é privilégio de poucos, daqueles que frequentam escolas bem equipadas ou universidades. Diante disso, Mark Warschauer adverte que, ao analisar as desigualdades tecnológicas, “[...] as disparidades educacionais não derivam somente da falta de máquinas, mas de ecossistemas sociais que limitam o uso significativo dos recursos” (2003, p. 152), evidenciando que infraestrutura e letramento caminham juntos. Convergentemente, Mitchel Resnick sustenta que “[...] quando apenas alguns têm acesso a ferramentas para criar e inventar, ampliam-se as divisões entre produtores e consumidores” (2017, p. 18), reforçando que a ausência de meios técnicos impacta diretamente a autonomia intelectual dos estudantes. Entre laboratórios inacessíveis e equipamentos custosos, portanto, consolida-se uma assimetria que transforma a ciência escolar em discurso distante, e é justamente nesse vazio que soluções acessíveis, replicáveis e de baixo custo – como o uso pedagógico de dispositivos já presentes no bolso dos alunos – começam a aparecer não como improvisado, mas como estratégia consistente de democratização do conhecimento experimental.

Diante desse conjunto de limitações materiais e pedagógicas, e ainda, considerando a presença massiva dos smartphones entre praticamente todos os estudantes, começa a emergir uma inversão interessante de perspectiva: aquilo que antes era visto como distração passa a revelar-se como infraestrutura já instalada, como laboratório portátil latente, como conjunto de sensores científicos escondidos em um objeto cotidiano. Visto que, o mesmo aparelho utilizado para mensagens e redes sociais abriga magnetômetro, acelerômetro, giroscópio, microfone, câmera de alta velocidade, GPS, cronômetro, aplicativos de registro gráfico e plataformas de análise de dados em tempo real, recursos que, em muitos casos, superam equipamentos escolares tradicionais. Nesse movimento, o pátio pode tornar-se campo de coleta de dados cinemáticos, o corredor pode converter-se em túnel acústico improvisado, a sala pode transformar-se em ambiente de medição de campos magnéticos gerados por fios e bobinas simples. Não apenas se reduz o custo do experimento, mas também se amplia a autonomia discente, pois o estudante passa a carregar consigo o próprio instrumento de investigação. Nesse horizonte mais técnico e, ao mesmo tempo, mais criativo, Neil Gershenfeld observa que “[...] estamos passando de um

mundo em que se programam computadores para um mundo em que se programam as coisas” (2005, p. 12), indicando que a fabricação e a experimentação tendem a tornar-se pessoais, distribuídas e acessíveis. Complementarmente, Seymour Papert explicita essa mudança ao afirmar: “[...] o aprendizado torna-se mais profundo quando as pessoas constroem objetos compartilháveis no mundo” (2020, p. 142), reforçando que manipular, medir e criar artefatos concretos favorece a compreensão conceitual. Entre sensores embarcados e autoria investigativa, portanto, o smartphone deixa de ser mero receptor de conteúdos e passa a assumir o papel de instrumento científico legítimo, capaz de converter qualquer espaço em ambiente de pesquisa ativa e situada.

[...] nossa intuição sobre o mundo físico é construída a partir de experiências em escalas humanas e, com frequência, falha quando nos deparamos com fenômenos que ocorrem em escalas muito diferentes de tamanho, velocidade ou força. Para compreender tais fenômenos, precisamos recorrer a instrumentos que ampliem nossos sentidos e nos permitam medir aquilo que não podemos perceber diretamente. É por meio dessas medições, e não da intuição desassistida, que as leis físicas se revelam. O aparato experimental, seja ele simples ou sofisticado, torna-se um mediador essencial entre a teoria e o mundo real, permitindo traduzir conceitos abstratos em grandezas observáveis e testáveis (Purcell, 1977, p. 5-6, tradução nossa).

Desse modo, além do potencial técnico já mencionado, convém observar que a incorporação pedagógica dos smartphones só ganha densidade formativa quando articulada a fundamentos didáticos consistentes, isto é, quando deixa de ser mero recurso instrumental e passa a integrar uma concepção de aprendizagem ativa, investigativa e socialmente situada. Em outras palavras, não basta utilizar o celular para “ilustrar” conteúdos previamente fechados; é preciso reorganizar a lógica da aula para que o estudante formule perguntas, colete dados, teste hipóteses, confronte resultados e, gradualmente, construa explicações mais sofisticadas sobre o mundo físico que o cerca. O ensino por investigação, o letramento científico e a cultura maker¹⁷ convergem como eixos complementares: aprender ciência significa fazer ciência, ainda que em

¹⁷ A cultura maker refere-se a um movimento sociocultural e educacional que valoriza o aprender fazendo, a experimentação, a colaboração e a autoria, articulando conhecimentos técnicos, científicos e criativos na resolução de problemas concretos. Ancorada em práticas como a construção de protótipos, o uso de tecnologias digitais, a reutilização de materiais e o compartilhamento aberto de saberes, a cultura maker tensiona modelos educacionais transmissivos ao deslocar o estudante da posição de receptor para a de sujeito ativo do processo de aprendizagem. No contexto educacional, essa abordagem favorece o desenvolvimento do pensamento crítico, da autonomia, da criatividade e da compreensão integrada entre teoria e prática, ao mesmo tempo em que promove ambientes de aprendizagem mais democráticos e participativos. Contudo, sua incorporação nas instituições educativas exige condições materiais, formação docente e intencionalidade pedagógica, sob o risco de reduzir-se a uma prática tecnicista ou meramente instrumental, desvinculada de reflexões críticas sobre conhecimento, trabalho e sociedade. Ver: HATCH, Mark. The maker movement manifesto: rules for innovation in the new world of crafters, hackers, and tinkerers. New York: McGraw-Hill, 2014.

escala escolar. À medida que os alunos medem o campo magnético de um ímã com o magnetômetro do telefone, registram gráficos em tempo real, comparam valores, erram, recalibram e discutem coletivamente os resultados, o conhecimento deixa de ser abstrato e passa a ser experiência compartilhada, quase palpável, produzida no encontro entre corpo, ferramenta e fenômeno. John Dewey é categórico ao afirmar que “[...] aprender é o resultado da reconstrução reflexiva da experiência” (2018, p. 87), lembrando-nos de que a compreensão emerge do fazer pensado, e não da memorização passiva. Derek Hodson (2011) sustenta que a educação científica precisa ir além do domínio conceitual, pois, segundo ele, “[...] o ensino de ciências deve capacitar os jovens a investigar questões reais, tomar decisões informadas e agir responsavelmente na sociedade” (p. 27), reforçando o vínculo entre conhecimento, criticidade e ação social. Entre metodologia ativa e compromisso público, portanto, o smartphone revela-se menos como tecnologia da moda e mais como mediador concreto de práticas investigativas que aproximam ciência, tecnologia e cidadania em um mesmo gesto formativo.

Nesse percurso argumentativo, torna-se necessário, pouco a pouco, afunilar o foco e explicitar com maior precisão o objeto de investigação que orienta este estudo, pois, embora a discussão até aqui tenha transitado por dimensões amplas – sociotécnicas, culturais, pedagógicas e estruturais –, é fundamental delimitar o terreno analítico para que a proposta não se dilua em generalidades. Dito isso, este artigo concentra-se, de maneira específica, nas potencialidades teóricas e práticas do uso de smartphones como instrumentos didáticos para o ensino-aprendizagem de fenômenos eletromagnéticos, tanto em contextos formais quanto não formais, considerando a possibilidade de transformar um dispositivo cotidiano em ferramenta de medição, visualização e experimentação científica. Não apenas se pretende discutir “tecnologia na educação” de modo abstrato, mas investigar como sensores embarcados, aplicativos de coleta de dados e recursos de visualização gráfica podem auxiliar estudantes a compreender conceitos como campo magnético, indução, corrente elétrica e propagação de ondas, conectando equações a evidências empíricas concretas. À medida que o estudante observa, por exemplo, o gráfico do magnetômetro variar ao aproximar um ímã do telefone, ou registra oscilações sonoras com o microfone para estudar frequências, o fenômeno deixa de ser invisível e passa a ser interpretável, quase tangível, o que altera profundamente a relação afetiva e cognitiva com a física. Edward Mills Purcell (1977, p. 3) adverte, ao discutir fenômenos físicos fora do senso comum, que “[...] nosso mundo intuitivo é apenas um caso particular, e as leis da natureza podem parecer muito diferentes quando observadas em outras escalas”, lembrando que a compreensão científica exige

instrumentos capazes de revelar o que os sentidos não captam. David J. Griffiths (2013) afirma que “[...] as mudanças conceituais produzidas pela física moderna são radicais, importantes e fascinantes, mas permanecem vagamente compreendidas fora do campo” (p. 3), o que reforça a necessidade de estratégias didáticas que tornem tais conceitos mais acessíveis ao público escolar. Entre delimitação analítica e compromisso formativo, portanto, o uso pedagógico dos smartphones apresenta-se como caminho promissor para aproximar teoria sofisticada e experiência concreta em uma mesma prática educativa.

Neste sentido, ao consolidar esse percurso reflexivo, cabe explicitar a pergunta de partida que atravessa e orienta toda a investigação, pois é ela que dá direção teórica, metodológica e política ao estudo: de que maneira a integração pedagógica de smartphones pode contribuir, de modo consistente e crítico, para a compreensão conceitual, a experimentação prática e a democratização do ensino de eletromagnetismo, favorecendo abordagens interdisciplinares, metodologias ativas e maior engajamento estudantil? Não se trata apenas de testar um recurso tecnológico, mas de tensionar a própria forma escolar, isto é, de repensar quem investiga, quem mede, quem formula hipóteses e quem produz conhecimento dentro da sala de aula. À medida que o estudante deixa de ser receptor de fórmulas e passa a atuar como investigador que coleta dados, interpreta gráficos, compara evidências e argumenta com seus pares, o ensino de física desloca-se do plano da transmissão para o da autoria, da obediência para a participação, da passividade para a problematização. Desse modo, a relevância deste estudo reside justamente em propor alternativas acessíveis, replicáveis e socialmente inclusivas, capazes de reduzir desigualdades estruturais e ampliar o direito ao experimento científico, especialmente em contextos educacionais marcados por escassez de laboratórios e recursos. Nesse horizonte mais amplo, Mitchel Resnick sintetiza a potência da aprendizagem criativa ao afirmar que “[...] a educação mais significativa ocorre quando os alunos estão engajados em imaginar, criar, brincar, compartilhar e refletir” (2017, p. 7), indicando que o conhecimento floresce quando há protagonismo. De modo convergente, Manuel Castells (2015, p. 246) lembra que “[...] as redes digitais podem ampliar a capacidade de ação coletiva e de produção de sentido dos sujeitos”, sugerindo que tecnologias, quando apropriadas criticamente, podem fortalecer práticas democráticas e colaborativas. Entre investigação científica, inclusão social e engajamento estudantil, portanto, este trabalho afirma a pertinência de transformar o smartphone – artefato banal do cotidiano – em instrumento pedagógico estratégico, capaz de aproximar ciência,

tecnologia e vida, e, assim, contribuir para uma educação mais justa, experimental e emancipadora.

[...] quando os aprendizes estão ativamente envolvidos em imaginar questões, criar projetos, experimentar ideias e refletir sobre os resultados, desenvolvem uma compreensão conceitual mais profunda e um maior engajamento com a aprendizagem. Essa abordagem desloca a educação da simples transmissão de informações para a participação em práticas significativas. Ao oferecer ferramentas acessíveis e ambientes de apoio, as escolas podem possibilitar que todos os estudantes – e não apenas alguns privilegiados – explorem, testem e aprimorem suas ideias. Desse modo, a aprendizagem torna-se um processo de investigação, colaboração e empoderamento, contribuindo para reduzir desigualdades educacionais e ampliar oportunidades de expressão criativa e científica (Resnick, 2017, p. 10-11, tradução nossa).

METODOLOGIA – DELINEAMENTO QUALITATIVO BIBLIOGRÁFICO E PROPOSIÇÃO DIDÁTICO-PEDAGÓGICA PARA A INTEGRAÇÃO DE SMARTPHONES NO ENSINO DE ELETROMAGNETISMO.

Quase como um gesto de posicionamento epistemológico consciente, a investigação foi delineada como pesquisa qualitativa de natureza interpretativa e compreensiva, pois o interesse central não recaiu sobre mensurações numéricas, testes padronizados ou comparações estatísticas, mas, sobretudo, sobre a compreensão dos significados pedagógicos atribuídos ao uso de smartphones no ensino de eletromagnetismo, isto é, sobre os modos como essa integração tecnológica pode reorganizar práticas, concepções didáticas e experiências formativas. Assim, partimos do entendimento de que fenômenos educacionais são atravessados por sentidos, valores, escolhas curriculares e contextos sociotécnicos, dimensões que escapam a lógicas meramente quantitativas. Nessa direção, Minayo (2007, p. 71) explicita que “[...] a interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo de pesquisa qualitativa. Esta não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas. O ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave”. De modo complementar, Flick afirma que “[...] a pesquisa qualitativa estabelece para si mesma outras prioridades [...] a coleta de dados é concebida de uma maneira muito mais aberta e tem como objetivo um quadro abrangente possibilitado pela reconstrução do caso que está sendo estudado” (2009, p. 151), fundamento que orientou nossa ênfase na análise conceitual e interpretativa das propostas didáticas.

[...] considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números. A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados

são básicas no processo de pesquisa qualitativa. Esta não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas. O ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave. Tal pesquisa é descritiva. Os pesquisadores tendem a analisar seus dados indutivamente. O processo e seu significado são os focos principais de abordagem (Severino, 2014, p. 71).

Além disso, a estrutura metodológica assumiu o formato de pesquisa bibliográfica e descritiva, compreendendo que a inovação pedagógica consistente nasceu do diálogo crítico com a produção científica acumulada, e não do improviso circunstancial. Dessa forma, realizamos um levantamento sistemático de obras sobre educação científica, tecnologias digitais, ensino experimental em ciências e metodologias ativas, estabelecendo critérios de seleção baseados em relevância teórica, atualidade e aderência ao problema investigado. Como lembra Gil (2008, p. 47), “[...] quando o tema escolhido é bastante genérico, tornam-se necessários seu esclarecimento e delimitação, o que exige revisão da literatura, discussão com especialistas e outros procedimentos”, aspecto que justificou a construção gradual do referencial. No mesmo sentido, Severino registra que “[...] quanto às etapas da pesquisa bibliográfica, destacamos [...] escolha do tema; levantamento bibliográfico preliminar; formulação do problema; leitura do material; organização lógica do assunto; redação do texto” (2014, p. 56), sequência que guiou a organização encadeada do corpus teórico.

Desse modo, no que concerne ao delineamento do estudo, caracterizamos a investigação como aplicada, de natureza didático-pedagógica, voltada à proposição de sequências experimentais fundamentadas teoricamente e concebidas como modelos replicáveis, ainda que construídas exclusivamente a partir de análise bibliográfica e planejamento didático, sem realização de trabalho de campo. Assim, o foco deslocou-se da observação empírica direta para a elaboração conceitual de estratégias transferíveis a múltiplos contextos escolares. Conforme observa Minayo (2007, p. 165), estudos aplicados podem “[...] apresentar modelos de análise replicáveis em situações semelhantes e até possibilitar comparações, quando no projeto, no decurso do trabalho de campo e nas análises o investigador trabalhar com tipificações”. Em consonância, Flick (2009, p. 202) ressalta que “[...] o ponto essencial é permitir que o leitor avalie o seu estudo. Isto possibilitará avaliar a relevância e confiabilidade dos seus resultados”, o que nos levou a detalhar criteriosamente cada etapa de construção das propostas pedagógicas.

No tocante ao contexto educacional, embora não tenha havido intervenção “in loco”, a definição do público-alvo foi realizada de maneira analítica e prospectiva, tomando como referência cenários descritos na literatura sobre ensino médio e técnico, especialmente realidades marcadas por escassez de laboratórios especializados e limitações orçamentárias. A escolha pelo

smartphone como ferramenta didática decorreu de sua ubiquidade social e de seu potencial democratizador, já que se trata de um recurso amplamente disponível entre estudantes. Tal compreensão dialoga com a ideia de que a pesquisa qualitativa busca interpretar fenômenos a partir de seus contextos reais de uso; como registra Antônio Joaquim Severino, “[...] o ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador mantém contato direto com o ambiente e o objeto de estudo em questão” (2014, p. 71). De forma convergente, Flick lembra que “[...] é menos relevante estudar uma causa e o seu efeito do que descrever ou reconstruir a complexidade das situações” (2009, p. 151), orientação que sustentou a análise das condições materiais e sociais presentes nos diferentes cenários educacionais descritos na bibliografia.

[...] na abordagem qualitativa, a pesquisa tem o ambiente como fonte direta dos dados. O pesquisador mantém contato direto com o ambiente e o objeto de estudo em questão, necessitando de um trabalho mais intensivo de análise. Nesse caso, as questões são estudadas no ambiente em que elas se apresentam sem qualquer manipulação intencional do pesquisador. A utilização desse tipo de abordagem difere da abordagem quantitativa pelo fato de não utilizar dados estatísticos como o centro do processo de análise de um problema. Os dados coletados nessas pesquisas são descritivos, retratando o maior número possível de elementos existentes na realidade estudada. Preocupa-se muito mais com o processo do que com o produto (Severino, 2014, p. 71).

Quanto aos instrumentos, delineamos tecnicamente os recursos a partir de análise documental e revisão de experiências relatadas em pesquisas anteriores, especificando smartphones com sensores integrados – magnetômetro, acelerômetro, giroscópio, microfone, câmera e GPS – aliados a aplicativos gratuitos de medição e planilhas digitais, priorizando baixo custo, acessibilidade e replicabilidade. Dessa forma, o aparato tecnológico foi concebido como solução viável e inclusiva, e não como substituto de laboratórios complexos. Gil (2008, p. 47) observa que pesquisas aplicadas “[...] habitualmente envolvem levantamento bibliográfico e documental, entrevistas não padronizadas e estudos de caso”, evidenciando a centralidade do mapeamento prévio de possibilidades técnicas. Já Minayo (2007, p. 302) ressalta que “[...] análise de conteúdo diz respeito a técnicas de pesquisa que permitem tornar replicáveis e válidas inferências sobre dados de um determinado contexto, por meio de procedimentos especializados e científicos”, princípio que inspirou a organização sistemática dos registros digitais previstos nas atividades.

No desenvolvimento das propostas pedagógicas, estruturamos sequências didáticas progressivas descritas em roteiros detalhados, contemplando orientação inicial, exploração dos sensores, experimentação guiada, registro de dados, discussão conceitual e elaboração de

relatórios interpretativos, mesmo que tais etapas tenham sido projetadas teoricamente e não executadas empiricamente. Dito isso, privilegiamos metodologias ativas, protagonismo discente e mediação docente reflexiva, compreendendo o professor como orientador investigativo. Flick destaca que “[...] os pesquisadores qualitativos escolhem os participantes propositalmente e integram pequenos números de casos segundo sua relevância. A coleta de dados é concebida de uma maneira muito mais aberta” (2009, p. 151), lógica que fundamenta a flexibilidade didática proposta. Em paralelo, o manual metodológico sublinha que “[...] os dados coletados nessas pesquisas são descritivos [...] preocupa-se muito mais com o processo do que com o produto” (2014, p. 71), reforçando a centralidade do percurso formativo.

Desse modo, no que se refere à estratégia de análise, adotamos a análise de conteúdo temática aplicada ao corpus bibliográfico, às descrições das sequências didáticas e aos referenciais teóricos selecionados, realizando triangulação conceitual entre literatura, planejamento pedagógico e categorias interpretativas como compreensão conceitual, engajamento, autonomia e democratização do acesso. Tal procedimento buscou rigor, coerência interna e transparência metodológica. Como afirma Minayo, “[...] a expressão mais comumente usada para representar o tratamento dos dados de uma pesquisa qualitativa é análise de conteúdo. No entanto, a expressão significa mais do que um procedimento técnico. Faz parte de uma histórica busca teórica e prática no campo das investigações sociais” (2007, p. 302). Complementarmente, Flick enfatiza que “[...] a validação como a construção social do conhecimento [...] avaliamos a ‘fidedignidade’ das observações, interpretações e generalizações relatadas” (2009, p. 202). Neste sentido, o percurso metodológico reafirma seu caráter bibliográfico, aplicado e replicável, oferecendo bases sólidas para propostas pedagógicas acessíveis ao ensino de eletromagnetismo.

ELETROMAGNETISMO COM SMARTPHONES – PERSPECTIVAS TEÓRICAS E PRÁTICAS PARA O ENSINO DE CAMPOS MAGNÉTICOS E INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA NO CONTEXTO EDUCACIONAL.

O problema central do ensino tecnicista não reside apenas na presença de conteúdos digitais ou dispositivos móveis, mas, sobretudo, na forma como esses recursos são convertidos em pacotes de informação prontos, descolados da ação concreta dos estudantes, quase como se aprender fosse apenas armazenar dados em silêncio. Quando isso acontece, a experiência perde

densidade, o pensamento esfria e o conhecimento deixa de circular como prática viva. Em diálogo com essa crítica, Dewey (2018) afirma que a informação apartada da ação reflexiva “[...] é morta, um fardo que esmaga a mente” (p. 163), advertência que, traduzida para o presente, ajuda a compreender por que plataformas que só distribuem tarefas automáticas e respostas padronizadas tendem a produzir cansaço, não compreensão. Logo adiante, ao caracterizar situações genuinamente educativas, o próprio Dewey escreve: “[...] eles oferecem aos alunos algo para fazer, e não algo simplesmente para aprender; e o fazer é de tal natureza que exige pensamento, ou a observação intencional de conexões; a aprendizagem surge naturalmente” (2018, p. 165), isto é, “[...] oferecem aos alunos algo para fazer, não algo apenas para aprender; e o fazer é de tal natureza que exige pensamento, a observação intencional de conexões; a aprendizagem surge naturalmente”, deslocando o foco do consumo passivo para a experimentação significativa. Desse modo, quando pensamos no uso de smartphones, sensores, aplicativos de medição ou simulações, o critério pedagógico não pode ser a novidade tecnológica em si, mas a capacidade de provocar problemas reais – medir o campo magnético da sala, comparar dados, testar hipóteses, errar, refazer –, porque é nessa fricção entre ação e reflexão que o estudante deixa de ser operador de instruções e passa a se reconhecer como sujeito cognoscente, reconstruindo o saber a partir da própria prática e reinscrevendo a tecnologia como meio, nunca como fim.

[...] quando o ensino se reduz à transmissão de informações isoladas, o que se obtém não é educação, mas um acúmulo mecânico de dados que não se integra à experiência do estudante. A aprendizagem genuína ocorre apenas quando a informação é incorporada a uma atividade significativa, na qual o aluno precisa observar relações, levantar problemas, formular hipóteses e testar consequências. Separada da ação reflexiva, a informação não orienta a conduta nem amplia a compreensão; ao contrário, tende a tornar-se um peso inerte sobre a mente. É somente na continuidade entre fazer e pensar que a experiência educativa adquire valor formativo e se converte em conhecimento vivo (Dewey, 2018, p. 169-170).

De forma complementar, quando passamos a compreender o smartphone não apenas como dispositivo técnico, mas como artefato cognitivo que amplia, reorganiza e redistribui as capacidades mentais humanas, a discussão desloca-se para um plano mais profundo, quase antropológico, pois começamos a perceber que aprender com tecnologia significa, em certa medida, pensar com tecnologia; isto é, memória, atenção, cálculo, registro e comparação deixam de estar concentrados exclusivamente na mente biológica e passam a ser compartilhados com instrumentos externos que funcionam como próteses intelectuais. Ao utilizar o magnetômetro para visualizar variações de campo magnético, ou o acelerômetro para registrar oscilações de

movimento, o estudante literalmente estende seus sentidos para além do que o corpo nu alcança, convertendo o invisível em traço gráfico, o imperceptível em número, o abstrato em evidência concreta. Não apenas observa o fenômeno, mas dialoga com ele por meio de dados, tabelas e curvas, construindo uma ponte contínua entre experiência sensível e representação simbólica. Richard Feynman, ao discutir o papel dos instrumentos na ciência, lembra que “[...] a experiência é o único juiz da verdade científica” (2006, p. 2), sugerindo que compreender exige confrontar conceitos com medições reais, com resultados observáveis, com o mundo tal como ele se apresenta aos nossos dispositivos de investigação. Traduzindo essa perspectiva para a sala de aula, pode-se afirmar que o smartphone atua como um pequeno laboratório de bolso, uma interface entre corpo e fenômeno, permitindo que a aprendizagem deixe de ser apenas discursiva para tornar-se operacional, experimental e situada; e, desse modo, o estudante passa a interpretar gráficos, comparar séries temporais, estimar erros e formular hipóteses com base em evidências que ele próprio produziu, fortalecendo autonomia intelectual e confiança epistemológica de maneira muito mais concreta.

Por conseguinte, quando avançamos da ideia de “extensão sensorial” para a noção de mediação entre experiência concreta e representação simbólica, começamos a tocar em um ponto decisivo do ensino de ciências, pois é justamente nesse intervalo – entre aquilo que o estudante vive e aquilo que ele precisa formalizar em gráficos, equações e modelos – que surgem as maiores incompreensões conceituais. Em muitas situações, o fenômeno ocorre diante dos olhos, mas permanece intelectualmente opaco: o fio aquece, o ímã atrai, o alto-falante vibra, a bússola oscila, e ainda assim o estudante não consegue relacionar esses eventos a noções como campo, força ou indução. Nesse sentido, o smartphone funciona como tradutor epistemológico, isto é, convertem vibrações, intensidades, frequências e deslocamentos em números, séries temporais e visualizações que podem ser manipuladas simbolicamente, permitindo que o pensamento abstrato encontre lastro empírico. À medida que os dados aparecem em tempo real na tela, como linhas que sobem e descem, como picos e vales, algo quase invisível passa a ter forma, ritmo e magnitude, e, desse modo, o aluno consegue “ver” o que antes era apenas inferido. Essa passagem do concreto vivido ao modelo teórico dialoga diretamente com Rosalind Driver, que, ao discutir aprendizagem científica, observa que “[...] compreender ciência envolve construir pontes entre as experiências cotidianas dos alunos e as formas abstratas de explicação científica” (1995, p. 22), destacando que a mudança conceitual exige mediações cuidadosas. Em consonância, David J. Griffiths com o olhar da física moderna afirma: “[...] a física é, em última análise, uma tentativa

de descrever o mundo real com modelos simples, mas poderosos” (2012, p. 5), o que, em tradução livre, significa que teoria não é ornamento matemático, mas ferramenta para interpretar a realidade observada. Quando o estudante coleta medições com o magnetômetro, organizando planilhas, construindo gráficos e ajustando curvas, ele não está apenas executando uma tarefa técnica, ele está exercitando exatamente essa passagem entre mundo e modelo, entre experiência e símbolo, fortalecendo o raciocínio científico de modo situado, contextualizado e significativo, o que contribui para reduzir a distância histórica entre “fazer contas” e “compreender fenômenos”.

Ademais, ao considerar a aprendizagem como processo situado, isto é, como prática que emerge do encontro entre sujeitos, ferramentas e contextos concretos, torna-se ainda mais evidente que o uso pedagógico de smartphones favorece uma reconfiguração espacial e simbólica do próprio ato de aprender, pois a investigação científica deixa de estar restrita ao laboratório formal e passa a acontecer em qualquer lugar onde haja um problema observável. Nessa direção, o corredor pode tornar-se pista de testes para cinemática, o pátio pode funcionar como ambiente de mapeamento acústico, a rua pode servir para medições de campo magnético urbano ou georreferenciamento ambiental, e, pouco a pouco, a cidade transforma-se em extensão curricular viva. Não apenas se aprende “sobre” fenômenos, mas aprende-se “no” fenômeno, “com” o fenômeno, em interação direta com ele, o que altera a qualidade do envolvimento cognitivo e afetivo do estudante. Nessa perspectiva, John Dewey argumenta que a educação precisa nascer das situações reais vividas pelos alunos e afirma que “[...] a escola deve representar a vida presente – uma vida tão real e vital para a criança quanto aquela que ela vive fora dela” (Dewey, 1997, p. 51), destacando que o conhecimento ganha sentido quando ancorado na experiência concreta. De modo convergente, Manuel Castells observa, ao analisar a cultura em rede, que “[...] a aprendizagem contemporânea ocorre em múltiplos espaços interconectados, e não apenas dentro das instituições formais” (2015, p. 128), o que, traduzido, sugere que os processos formativos já extrapolam os muros escolares. Em decorrência disso, quando o smartphone possibilita registrar dados em campo, compartilhar resultados em ambientes virtuais colaborativos, comparar medições com outras turmas ou construir mapas coletivos online, ele não apenas amplia recursos técnicos, mas também articula uma ecologia de aprendizagem distribuída, colaborativa e territorializada, na qual ciência, cotidiano e comunidade passam a dialogar de maneira mais orgânica. Entre sala de aula e mundo, entre teoria e território, estabelece-se, portanto, uma “pedagogia do deslocamento”, em que aprender significa investigar

o próprio entorno com instrumentos científicos acessíveis, produzindo conhecimento com relevância social imediata.

[...] a aprendizagem com tecnologias digitais não ocorre de forma isolada, nem se restringe a ambientes formais de instrução. Ao contrário, ela está inserida em práticas sociais que se estendem pelas casas, escolas, locais de trabalho e espaços comunitários. A aprendizagem significativa emerge por meio da participação em atividades autênticas, nas quais ferramentas, símbolos e interações sociais se entrelaçam. Nesses contextos, a tecnologia não funciona simplesmente como um mecanismo de distribuição de informações, mas como um artefato mediador que reconfigura a maneira como as pessoas investigam, colaboram e constroem conhecimento. Quando a aprendizagem é situada em contextos do mundo real, ela adquire relevância, durabilidade e potencial transformador (Warschauer, 2003, p. 84-85, tradução nossa).

Além disso, quando adentramos o plano mais técnico do funcionamento dos smartphones, isto é, quando deixamos de tratá-los apenas como símbolos culturais e passamos a examiná-los como sistemas de sensoriamento embarcado, percebemos que sua potência pedagógica repousa, em grande medida, na capacidade de converter grandezas físicas do mundo real em sinais digitais mensuráveis, organizáveis e interpretáveis, algo que, historicamente, exigia equipamentos laboratoriais caros e pouco acessíveis. Em termos práticos, o magnetômetro mede a intensidade e a direção do campo magnético local a partir de variações de fluxo, permitindo investigar ímãs, correntes elétricas ou interferências ambientais; o acelerômetro registra acelerações lineares nos três eixos, possibilitando análises de movimento, quedas livres e oscilações; o giroscópio detecta rotações angulares, favorecendo estudos de torque e equilíbrio; o microfone converte vibrações do ar em sinais elétricos, abrindo caminho para experimentos de ondas sonoras e frequências; a câmera funciona como instrumento de registro temporal e espacial de fenômenos rápidos; o GPS integra coordenadas geográficas a dados ambientais, articulando ciência e território. Não apenas se multiplicam as possibilidades de coleta de dados, mas também se democratiza o acesso à instrumentação científica, pois cada aluno carrega consigo um conjunto integrado de sensores que, em outro contexto, exigiria laboratórios especializados. Nessa direção, Edward Mills Purcell lembra que “[...] para compreender a natureza, precisamos de dispositivos que ampliem nossos sentidos além de suas limitações biológicas” (2011, p. 3), evidenciando que a ciência sempre dependeu de instrumentos que traduzem o invisível. Em consonância com essa ideia, David J. Griffiths (2013, p. 1) afirma: “[...] o objetivo da física é descrever o mundo real de maneira quantitativa”, o que, em tradução direta, significa transformar fenômenos em números, gráficos e modelos manipuláveis. Como resultado, ao utilizar aplicativos de coleta automática, planilhas digitais e visualizações gráficas em tempo real, o estudante passa a operar exatamente nesse

registro quantitativo, aprendendo não apenas conceitos, mas procedimentos científicos – medir, comparar, estimar erros, calibrar, validar resultados –, aproximando-se do modo como a ciência efetivamente é produzida, e não apenas narrada nos livros.

Consequentemente, ao se considerar as vantagens didáticas que emergem desse conjunto de recursos embarcados, torna-se possível compreender por que o uso pedagógico de smartphones não deve ser visto como solução improvisada, mas como estratégia metodológica consistente, especialmente em contextos educacionais marcados por restrições orçamentárias e desigualdades de infraestrutura. Diferentemente de kits laboratoriais caros, frágeis e de manutenção complexa, o telefone móvel já está disseminado entre os estudantes, é portátil, opera com bateria própria, registra dados em tempo real e permite repetição ilimitada de experimentos sem custos adicionais, o que favorece práticas investigativas contínuas, e não eventos pontuais. Diante disso, medir várias vezes, comparar resultados, errar, ajustar procedimentos e testar novas hipóteses torna-se parte natural do processo, fortalecendo a reprodutibilidade – um dos princípios basilares do trabalho científico. Não apenas isso, mas também a possibilidade de integrar dados a ambientes virtuais colaborativos, planilhas compartilhadas e plataformas de visualização coletiva amplia o alcance da atividade experimental, conectando grupos, turmas e escolas distintas em torno de um mesmo problema investigativo. Nesse horizonte, Mitchel Resnick escreve que “[...] as melhores aprendizagens acontecem quando as pessoas têm acesso a materiais flexíveis, que possam manipular, remixar e reutilizar de diferentes maneiras” (2017, p. 45), indicando que ferramentas acessíveis favorecem criatividade e autonomia. Neil Gershenfeld (2005) inicia sua defesa da fabricação pessoal afirmando: “[...] quando as pessoas podem criar suas próprias ferramentas, elas passam de consumidoras a produtoras de tecnologia” (p. 8), o que, traduzido, sugere uma mudança de posição epistemológica, do uso passivo para a autoria técnica. Nessa direção, ao transformar o smartphone em instrumento científico cotidiano, cria-se um ambiente em que cada estudante pode ser simultaneamente pesquisador, registrador e analista, operando dados próprios e compartilhando descobertas com os colegas, o que fortalece tanto a dimensão cognitiva quanto a dimensão colaborativa do aprender, consolidando uma pedagogia mais autônoma, econômica e replicável em larga escala.

Do mesmo modo, quando observamos as contribuições pedagógicas que decorrem dessa infraestrutura portátil, percebe-se que o impacto do smartphone vai além da economia de recursos ou da praticidade técnica, alcançando a própria organização das relações didáticas e reposicionando o estudante como protagonista efetivo do processo investigativo. À medida que

cada grupo passa a planejar experimentos, definir variáveis, coletar séries de dados, interpretar gráficos e apresentar resultados, o centro da aula desloca-se do professor explicador para a comunidade que investiga, discutem e validam evidências coletivamente. A aprendizagem deixa de assumir a forma linear de exposição-exercício-correção e passa a estruturar-se como ciclo de problema-hipótese-medição-análise-reformulação, o que se aproxima muito mais do modo real de funcionamento da ciência. Não apenas se desenvolvem conceitos físicos ou matemáticos, mas também competências transversais, como argumentação, cooperação, pensamento crítico e tomada de decisão baseada em dados. Derek Hodson afirma que a educação científica precisa ultrapassar a memorização de teorias e sustenta que “[...] aprender ciência deve envolver participação ativa em práticas de investigação, discussão e ação socialmente relevante” (2011, p. 76), indicando que o conhecimento ganha densidade quando mobiliza sujeitos em situações reais. Em convergência, Manuel Castells observa que “[...] na sociedade em rede, a produção de conhecimento torna-se um processo colaborativo, distribuído entre múltiplos atores” (2015, p. 221), ideia que, traduzida, reforça que aprender é também conectar-se, compartilhar e construir coletivamente. Nessas condições, quando os dados coletados por diferentes grupos são integrados em planilhas online, quando mapas colaborativos são construídos com GPS ou quando gráficos são comparados em tempo real entre turmas distintas, cria-se uma ecologia de aprendizagem interdependente, na qual cada estudante contribui com uma parte do todo, fortalecendo a dimensão social da ciência e consolidando práticas pedagógicas mais democráticas, participativas e interdisciplinares.

[...] o que caracteriza a sociedade em rede não é apenas a difusão das tecnologias digitais, mas a transformação dos processos de produção, comunicação e aprendizagem em práticas colaborativas, baseadas na interação contínua entre múltiplos atores. O conhecimento deixa de ser produzido de forma linear ou hierárquica e passa a emergir de redes de cooperação, nas quais indivíduos e grupos contribuem com informações, interpretações e validações mútuas. Nesse contexto, aprender significa participar ativamente de processos compartilhados de construção de sentido, conectando dados, experiências e saberes em um fluxo permanente de interação social (Castells, 2015, p. 222-223).

Todavia, ao lado das inúmeras potencialidades didáticas já destacadas, é fundamental reconhecer, com a mesma honestidade analítica, que o uso pedagógico de smartphones também impõe limites técnicos, metodológicos e éticos que não podem ser negligenciados, sob pena de transformar uma proposta promissora em prática superficial ou imprecisa. Em termos instrumentais, os sensores embarcados, embora versáteis, não foram projetados originalmente

para medições científicas de alta precisão; magnetômetros sofrem interferências de estruturas metálicas próximas, acelerômetros acumulam ruídos, giroscópios derivam ao longo do tempo, microfones captam ecos ambientais e câmeras dependem de condições de iluminação, o que exige procedimentos de calibração, controle de variáveis e interpretação crítica dos dados coletados. Não apenas é necessário ensinar conceitos físicos, mas também desenvolver nos estudantes uma compreensão metacientífica sobre erro experimental, margem de incerteza, confiabilidade e validação de resultados, isto é, uma alfabetização metodológica que os capacite a questionar a própria medida. Sob essa perspectiva, Richard Feynman, ao discutir a atitude científica, adverte que “[...] o primeiro princípio é que você não deve enganar a si mesmo – e você é a pessoa mais fácil de enganar” (2018, p. 343), lembrando que o rigor exige ceticismo diante dos próprios dados. Rosalind Driver afirma que a aprendizagem científica envolve compreender não apenas resultados, mas também processos, pois “[...] saber ciência inclui reconhecer como o conhecimento é produzido, testado e revisado” (1993, p. 14), o que, traduzido, reforça a importância de explicitar procedimentos investigativos. A integração dos smartphones demanda planejamento pedagógico cuidadoso, definição clara de objetivos, orientação sobre uso responsável e estratégias para evitar dispersão atencional, garantindo que a tecnologia atue como mediadora cognitiva e não como ruído competitivo. Dessa forma, ao articular potencialidades e precauções, constrói-se uma proposta mais madura, crítica e sustentável, capaz de transformar dispositivos cotidianos em instrumentos científicos sem abrir mão do rigor metodológico que caracteriza a própria prática da ciência.

Ainda assim, ao equilibrar potencialidades e limites, torna-se produtivo avançar para uma síntese mais integradora, na qual os fundamentos tecnológicos dialoguem explicitamente com uma concepção pedagógica crítica e interdisciplinar, capaz de articular ciências naturais, matemática, engenharia, computação e mesmo geografia ambiental em torno de problemas reais investigados com os próprios dispositivos móveis. Não se trata, portanto, de inserir o smartphone como apêndice ocasional da aula de física, mas de concebê-lo como eixo articulador de projetos mais amplos, nos quais medir o campo magnético de uma linha de transmissão pode levar à discussão sobre consumo energético, registrar ruídos urbanos pode suscitar debates sobre saúde pública, mapear trajetos com GPS pode dialogar com estudos ambientais e planejamento territorial, e assim sucessivamente. À medida que esses dados circulam entre planilhas, gráficos, mapas e relatórios colaborativos, os estudantes passam a perceber que o conhecimento científico não é compartimento isolado, mas rede de relações entre fenômenos técnicos, sociais e

ecológicos. Nesse horizonte, Neil Gershenfeld, ao refletir sobre a cultura de fabricação digital, escreve: “[...] a próxima revolução digital será sobre a fabricação pessoal, transformando consumidores em criadores” (2017, p. 6), indicando que a aprendizagem se fortalece quando os sujeitos produzem tecnologia em vez de apenas utilizá-la. Em sintonia com essa perspectiva, John Dewey (2007, p. 79) observa que “[...] o conhecimento só adquire sentido pleno quando está conectado aos problemas concretos da vida comum”, reforçando que a educação deve emergir das situações vividas e não de abstrações desconectadas. Ao integrar sensores móveis, ambientes virtuais colaborativos e projetos interdisciplinares, constrói-se uma “pedagogia de investigação” que atravessa fronteiras disciplinares, estimula responsabilidade coletiva e favorece a compreensão sistêmica dos fenômenos, consolidando o smartphone não apenas como ferramenta técnica, mas como mediador cultural de práticas científicas socialmente relevantes.

Desse modo, ao consolidar esse percurso teórico-tecnológico em uma perspectiva mais ampla de desenvolvimento formativo, cabe enfatizar que o uso de smartphones na educação científica não deve ser compreendido apenas como inovação instrumental, mas como reconfiguração epistemológica do próprio modo de produzir conhecimento na escola, isto é, como deslocamento de uma “pedagogia centrada na exposição” para uma “pedagogia centrada na investigação”, na qual medir, registrar, comparar e modelar tornam-se gestos cotidianos do aprender. Logo, quando o estudante coleta dados com sensores, organiza tabelas em aplicativos de planilha, gera gráficos automáticos e compartilha resultados em ambientes colaborativos, ele vivencia procedimentos análogos aos da prática científica profissional, aproximando-se da lógica de modelagem, validação e revisão contínua de hipóteses. Não apenas aprende conceitos, mas internaliza modos de pensar, modos de perguntar e modos de testar explicações, o que fortalece sua autonomia intelectual¹⁸. À luz dessa leitura, David J. Griffiths nos lembra de que “[...] a física não é um conjunto de fórmulas a memorizar, mas uma maneira coerente de compreender o mundo natural” (2013, p. 4), sublinhando que teoria é ferramenta interpretativa,

¹⁸ A criação de uma subjetividade tecnológica no educando ocorre de forma processual e cumulativa, à medida que ele passa a interagir ativamente com ferramentas digitais integradas a práticas investigativas fundamentadas na ciência. Quando o estudante coleta dados por meio de sensores, organiza informações em tabelas digitais, utiliza aplicativos de planilhas para gerar gráficos automáticos e compartilha resultados em ambientes colaborativos, ele não está apenas operando tecnologias, mas incorporando esquemas cognitivos próprios da prática científica contemporânea. Esse percurso favorece a compreensão de que o conhecimento é construído por meio da observação sistemática, da comparação de evidências, da formulação de hipóteses e de sua constante validação ou revisão. Gradualmente, tais experiências promovem o florescimento de modos de pensar analíticos, críticos e reflexivos, nos quais o erro deixa de ser fracasso e passa a integrar o processo de aprendizagem. Assim, o educando não apenas aprende conceitos disciplinares, mas internaliza modos de perguntar, de testar explicações e de argumentar com base em dados, fortalecendo sua autonomia intelectual e sua capacidade de participar de forma ativa e consciente em contextos científicos, tecnológicos e sociais cada vez mais complexos. Ver referências.

não ornamento matemático. Rosalind Driver afirma que “[...] aprender ciência envolve aprender a falar, escrever e raciocinar de novas maneiras sobre o mundo” (1995, p. 9), o que pode ser traduzido como “[...] aprender ciência envolve aprender a falar, escrever e raciocinar de novas maneiras sobre o mundo”, destacando que o conhecimento científico é também linguagem, prática social e cultura compartilhada. Dessa maneira, quando o smartphone media a coleta de evidências, a produção de registros e a comunicação de resultados, ele atua simultaneamente como instrumento técnico e como mediador discursivo, sustentando processos de argumentação, explicação e validação coletiva. Desse entrelaçamento entre tecnologia, linguagem e experiência emerge uma educação científica mais viva, situada e participativa, na qual cada estudante se reconhece como sujeito capaz de produzir saberes legítimos a partir de dados concretos, fortalecendo a democratização do acesso ao experimento e consolidando o sentido público do conhecimento.

[...] a física não é primordialmente um conjunto de fatos, princípios e equações a serem memorizados, mas uma maneira de pensar sobre o mundo natural. Sua força reside na construção de modelos simplificados que capturam características essenciais de fenômenos complexos, permitindo-nos dar sentido às observações, testar hipóteses e revisar nossa compreensão quando as previsões falham. Aprender física, portanto, envolve aprender a modelar situações, interpretar dados, conectar representações matemáticas a significados físicos e julgar a adequação das explicações. Nesse sentido, fazer física é um processo ativo e iterativo de investigação, e não a recepção passiva de resultados acabados (Griffiths, 2013, p. 5-6, tradução nossa).

Desse modo, dando continuidade ao percurso argumentativo anterior – no qual se afirmou o smartphone como mediador técnico, cognitivo e cultural do fazer científico – torna-se agora necessário descer ao nível mais concreto da prática pedagógica, isto é, sair do plano conceitual e apresentar, de forma quase tátil, aquilo que acontece efetivamente no chão da sala de aula, no tempo real da aula de cinquenta minutos, no gesto do professor que organiza a mesa, distribui materiais, orienta os grupos e transforma teoria em ação investigativa. Em verdade, é no detalhe operacional que a proposta ganha legitimidade: o professor chega alguns minutos antes, projeta o roteiro no quadro, solicita que os estudantes formem pequenos grupos, confere se todos têm o aplicativo instalado, explica com calma o objetivo da atividade, demonstra como abrir o sensor, como zerar a leitura, como registrar valores, e, só então, convida a turma a medir, comparar, discutir. Não apenas se “usa o celular”, mas se constrói uma sequência didática estruturada, com etapas claras – problematização, coleta de dados, registro, análise, socialização –, permitindo que cada estudante visualize o caminho completo da investigação. Essa lógica dialoga com a defesa

de Derek Hodson, que afirma que “[...] o ensino eficaz de ciências requer oportunidades cuidadosamente estruturadas para que os estudantes se envolvam em investigação, em vez de apenas seguir instruções” (1998, p. 118), ou seja, “[...] o ensino eficaz de ciências exige oportunidades cuidadosamente estruturadas para que os estudantes se envolvam em investigação, e não apenas sigam instruções”. Em sintonia, Mitchel Resnick lembra que “[...] a aprendizagem no estilo do jardim de infância baseia-se em uma espiral de imaginar, criar, brincar, compartilhar e refletir” (2017, p. 6), sugerindo que o conhecimento se constrói em ciclos de ação e revisão. Assim, quando a aula é desenhada como roteiro replicável, quase como uma receita investigativa aberta, o smartphone deixa de ser improvisado e passa a integrar uma arquitetura pedagógica intencional, na qual cada etapa conduz a outra, formando um encadeamento lógico que torna o experimento compreensível, executável e reproduzível em diferentes escolas, turmas e contextos.

Em seguida, ao estruturar a primeira proposta prática – o mapeamento de campos magnéticos – o professor pode conduzir a turma de maneira bastante concreta e visual, quase coreografando os movimentos para que todos compreendam não apenas o que fazer, mas por que fazer. Inicialmente, solicita-se que as mesas sejam organizadas em ilhas, quatro ou cinco estudantes por grupo, cada qual com um smartphone, um pequeno ímã, uma régua e uma planilha digital aberta; logo após, pede-se silêncio momentâneo para a explicação coletiva, enquanto o docente projeta na tela o aplicativo de magnetômetro e demonstra, passo a passo, como calibrar o sensor girando o aparelho em forma de “oito”, explicando que essa etapa reduz interferências internas. Em seguida, coloca o ímã sobre a mesa, fixa uma régua ao lado e marca distâncias regulares – um centímetro, dois, três, quatro – pedindo que os estudantes repitam exatamente o mesmo procedimento, registrando valores em cada ponto. Não apenas se mede, mas se observa a variação espacial, quase como se o campo ganhasse corpo diante dos olhos, transformando números em padrões. Logo, todos transferem os dados para uma planilha, constroem gráficos de intensidade versus distância e comparam curvas, discutindo por que a leitura diminui progressivamente. Essa passagem do sensível ao representado ecoa a tradição da aprendizagem experimental defendida por John Dewey, que argumenta que a investigação escolar deve partir de situações manipuláveis, pois “[...] ideias adquirem significado quando operam sobre materiais da experiência” (2007, p. 158), destacando que pensar é agir sobre o mundo. Em diálogo, Edward Mills Purcell escreve: “[...] a física é, em última instância, uma ciência experimental, fundamentada na medição.” (2011, p. 5), lembrando que conceitos como “campo” só ganham realidade quando associados a dados observáveis. Dessa maneira, ao seguir esse roteiro simples

e replicável, a atividade permite que os estudantes literalmente “desenhem” o campo magnético com números e gráficos, compreendendo-o não como abstração distante, mas como variação mensurável no espaço, o que fortalece simultaneamente intuição física, leitura gráfica e interpretação de dados.

Na sequência da proposta, e ainda aprofundando o mesmo eixo investigativo, a segunda atividade pode deslocar o olhar do fenômeno controlado sobre a mesa para o ambiente real da escola, ampliando a escala da análise e convidando os estudantes a perceberem que o eletrromagnetismo não é assunto restrito ao livro didático, mas presença concreta no cotidiano tecnológico que os cerca. Dito isso, o professor organiza a turma para um pequeno “trabalho de campo”: distribui funções, define responsáveis pela medição, pelo registro em planilha, pela anotação do contexto e pela fotografia do local; explica que cada grupo percorrerá diferentes pontos – sala de informática, secretaria, corredor próximo aos quadros elétricos, pátio, biblioteca –, e orienta que registrem, em intervalos de tempo regulares, os valores do magnetômetro, sempre anotando o que existe ao redor: computadores ligados, cabos, roteadores, motores, lâmpadas fluorescentes. Não apenas se coletam números, mas se constrói um mapa interpretativo do espaço escolar, relacionando variações do campo às fontes de interferência. À medida que os dados retornam para a sala, os estudantes projetam as tabelas, comparam médias, destacam picos, discutem hipóteses, e, pouco a pouco, a escola inteira se transforma em laboratório vivo. Esse movimento dialoga com a defesa de Derek Hodson, que argumenta que “[...] a educação científica deve capacitar os estudantes a ler o mundo cientificamente e a agir sobre ele” (2011, p. 45), isto é, reforçando o caráter socialmente situado do conhecimento. Em articulação, Manuel Castells escreve que “[...] o conhecimento é produzidas em redes de interação que se encontram integradas ao cotidiano” (2015, p. 35), indicando que aprender envolve conectar ciência e experiência concreta. É preciso dizer que a atividade de investigação das interferências eletrromagnéticas deixa de ser mero exercício técnico e passa a constituir prática crítica de observação do ambiente, na qual os estudantes aprendem a interpretar sua própria realidade material, reconhecendo que fenômenos físicos atravessam a arquitetura escolar, os equipamentos e as rotinas diárias, consolidando uma ciência contextualizada, territorial e socialmente significativa.

[...] os campos elétricos e magnéticos não são abstrações confinadas a livros didáticos ou laboratórios; eles permeiam o ambiente físico no qual vivemos e trabalhamos. Sempre que correntes elétricas circulam em fios, sempre que dispositivos elétricos operam e sempre que a energia é transmitida ou transformada, campos eletrromagnéticos

estão presentes no espaço ao nosso redor. Esses campos variam de lugar para lugar e de momento a momento, dependendo da configuração dos condutores, das fontes e dos materiais existentes no entorno. Para compreender seu comportamento, é essencial observá-los e medi-los em situações reais, relacionando valores numéricos ao contexto físico no qual surgem (Purcell, 2011, p. 12-13, tradução nossa).

Além disso, avançando no reconhecimento dos campos presentes no espaço escolar para a compreensão de como a variação desses campos pode gerar sinais elétricos mensuráveis, a terceira proposta didática ganha um caráter mais experimental, quase artesanal, convidando os estudantes a literalmente “construírem” o fenômeno diante dos próprios olhos, passo a passo, com as mãos sobre os materiais. O professor, então, inicia a aula distribuindo pequenos rolos de fio esmaltado, orienta que cada grupo enrole cuidadosamente cerca de duzentas espiras em torno de um tubo de papelão, explica com calma o que é uma bobina, desenha no quadro o esquema simples do circuito, retira o verniz das extremidades com lixa fina, conecta os terminais ao conector do microfone ou a um aplicativo de leitura de sinais, e só depois disso apresenta o ímã, mostrando que o movimento relativo entre condutor e campo é o que importa, não a força do gesto. Assim que os estudantes começam a aproximar e afastar o ímã, observam no visor do smartphone pequenas oscilações, picos, ruídos gráficos que antes pareciam abstrações dos livros, mas que agora surgem como traços vivos, quase pulsantes, transformando energia mecânica em registro elétrico visível. Nesse momento, a sala silencia por alguns segundos – há curiosidade genuína – e a teoria passa a fazer sentido porque ganhou corpo, gesto e tempo. Tal experiência dialoga diretamente com o pensamento de John Dewey, quando afirma que “[...] a educação não é preparação para a vida; a educação é a própria vida” (1938, p. 51), isto é, sugerindo que aprender exige imersão prática e não mera antecipação abstrata. Do mesmo modo, Seymour Papert sustenta: “[...] a aprendizagem acontece especialmente bem quando as pessoas estão engajadas na construção de uma entidade pública” (1980, p. 139), o que se materializa quando os grupos constroem suas próprias bobinas e socializam os gráficos produzidos. A indução eletromagnética deixa de ser apenas equação no quadro e se converte em experiência sensível, manipulável, discutida coletivamente, consolidando uma ponte concreta entre conceito, experimento e interpretação de dados, ao mesmo tempo em que fortalece a autonomia investigativa e a confiança intelectual dos estudantes.

De forma complementar, depois de explorar a geração de sinais elétricos com a bobina artesanal, torna-se quase natural ampliar o horizonte da turma para uma proposta ainda mais aberta, móvel e interdisciplinar, transformando o próprio smartphone em um pequeno laboratório de bolso que circula pelos corredores, pátios e arredores da escola, isto é, um laboratório que

caminha com os estudantes e recolhe dados do mundo real à medida que o corpo se desloca pelo espaço. O professor pode iniciar a atividade organizando grupos temáticos – ruído ambiental, vibração estrutural, geolocalização de pontos de descarte irregular de lixo, registro fotográfico de sombreamento térmico ou análise de campos magnéticos próximos a equipamentos elétricos –, distribuir um roteiro impresso com etapas claras, orientar a calibração prévia dos sensores, demonstrar como registrar leituras em planilhas digitais, explicar como nomear arquivos e salvar coordenadas de GPS, e, só então, liberar a circulação supervisionada, como se a escola se convertesse, por alguns minutos, em um território investigativo. Nesse percurso, cada gesto adquire intencionalidade científica: parar, medir, anotar, repetir, comparar, questionar diferenças inesperadas, retornar ao ponto inicial para conferir a reprodutibilidade. Aos poucos, os dados deixam de ser números soltos e passam a compor mapas, gráficos, nuvens de pontos, revelando padrões invisíveis do cotidiano escolar, como zonas mais ruidosas, áreas com maior vibração ou regiões com interferência eletromagnética, o que provoca discussões que atravessam física, matemática, geografia, computação e até debates ambientais. Nessa direção, cabe lembrar que David J. Griffiths observa que “[...] a física ganha sentido quando conectamos as equações aos fenômenos que podemos medir e visualizar” (2013, p. 3), indicando que a compreensão científica se fortalece quando teoria e observação caminham juntas no mesmo processo. Já Derek Hodson afirma, em formulação direta, que “[...] o ensino de ciências deve capacitar os estudantes a investigar problemas reais e agir sobre o mundo, e não apenas memorizar conceitos” (2011, p. 27), reforçando que a aprendizagem se consolida quando há engajamento crítico com situações concretas. O “laboratório móvel” não apenas coleta dados, mas também cultiva responsabilidade metodológica, leitura crítica do ambiente e colaboração entre pares, fazendo com que o espaço escolar deixe de ser cenário passivo e se converta em objeto ativo de análise, o que amplia a densidade formativa da experiência e reposiciona o estudante como produtor de conhecimento, e não mero receptor de informações.

Além disso, ao retornar do laboratório móvel com tabelas preenchidas, fotos georreferenciadas e séries temporais registradas, abre-se um momento decisivo que muitas vezes passa despercebido, mas que, pedagogicamente, é tão importante quanto a coleta em campo: a etapa de sistematização coletiva dos dados, isto é, aquele instante em que a turma se senta, respira, projeta a planilha na tela e começa, quase artesanalmente, a transformar números dispersos em narrativas explicativas. O professor, com calma e intencionalidade, pode orientar passo a passo – primeiro organizar as colunas, depois conferir unidades de medida, em seguida limpar valores

discrepantes, construir gráficos de linha ou mapas de calor, comparar grupos diferentes –, modelando em voz alta o raciocínio científico, mostrando como se pergunta “[...] o que esse pico significa?”, “[...] por que aqui houve queda?”, “[...] o que mudou no ambiente?”. Desse modo, a sala de aula vira um pequeno centro de interpretação, onde cálculo, leitura crítica e argumentação se entrelaçam, e o smartphone, antes visto apenas como ferramenta de captura, passa a atuar como mediador cognitivo, uma espécie de extensão da memória e do olhar analítico. Nessa direção, vale lembrar que John Dewey (2007) argumenta que “[...] aprendemos quando reconstruímos reflexivamente a experiência vivida”, enfatizando que o conhecimento surge do movimento de revisar, ordenar e dar sentido ao que foi feito, e não da simples execução de tarefas (p. 89). Em outra chave, Neil Gershenfeld (2005, p. 12) sustenta que “[...] quando as pessoas podem projetar, medir e fabricar por si mesmas, a tecnologia deixa de ser consumo passivo e se torna expressão ativa de entendimento”, ideia que, traduzida, reforça o valor formativo de manipular dados e ferramentas de modo autoral. Dessa forma, ao discutir coletivamente os gráficos produzidos, os estudantes não apenas “veem resultados”, mas constroem hipóteses, testam explicações concorrentes, confrontam interpretações, aprendem a argumentar com base em evidências e, sobretudo, percebem que a ciência é um processo social de negociação de significados, um trabalho paciente de leitura do mundo, feito com lápis, tela, conversa e escuta, o que densifica a experiência e consolida a compreensão conceitual de maneira muito mais duradoura.

[...] a aprendizagem não decorre simplesmente do fazer, mas da reflexão sobre o que foi feito, da revisão das ideias e do compartilhamento de interpretações com os outros. Quando os estudantes coletam dados, criam representações e, em seguida, fazem uma pausa para examinar padrões, anomalias e relações, começam a construir compreensões mais profundas. Esse processo é inerentemente social: por meio da discussão, da comparação de perspectivas e da construção coletiva de sentidos, os aprendizes refinam seu pensamento e desenvolvem modelos explicativos mais potentes. Iteração, reflexão e colaboração são, assim, centrais para uma aprendizagem significativa, transformando informações brutas em conhecimento durável e transferível (Resnick, 2017, p. 61-62, tradução nossa).

Por conseguinte, avançando da etapa de interpretação dos dados para a elaboração de relatórios investigativos, convém observar que o momento da escrita científica em sala de aula também precisa ser cuidadosamente coreografado, quase como um ensaio guiado, no qual o professor não apenas solicita “façam um relatório”, mas demonstra, passo a passo, como se constrói uma narrativa de pesquisa: primeiro retomar o problema investigado, depois descrever os materiais utilizados, explicitar o procedimento adotado, apresentar tabelas e gráficos gerados no smartphone, comentar tendências, discutir possíveis erros de medição e, por fim, propor

explicações fundamentadas. Assim, os estudantes, sentados em grupos, com seus aparelhos ainda nas mãos, alternam entre o registro digital e o diálogo presencial, revisam capturas de tela, ampliam imagens, conferem coordenadas de GPS, reorganizam planilhas, e, pouco a pouco, percebem que escrever ciência é também aprender a pensar com rigor, escolhendo palavras, justificando inferências, relacionando conceitos como campo, fluxo, intensidade, ruído, variabilidade. Nessa perspectiva, Derek Hodson afirma que “[...] aprender ciência não é apenas adquirir conceitos, mas envolver-se em práticas sociais que permitam questionar, investigar e agir sobre o mundo” (2011, p. 27), o que, traduzido, reforça que a escrita do relatório é parte constitutiva da própria prática científica, e não mero adereço avaliativo. Adicionalmente, Herbert A. Simon (1996) lembra que “[...] ferramentas externas funcionam como extensões do sistema cognitivo humano” (p. 62), ideia que esclarece como planilhas, aplicativos gráficos e registros digitais ampliam a capacidade de análise do estudante, permitindo-lhe organizar informações complexas de modo mais inteligível. Dessa maneira, o relatório deixa de ser tarefa burocrática e se converte em espaço de síntese intelectual, onde experiência concreta, representação simbólica e argumentação conceitual se entrelaçam, consolidando aprendizagens duradouras e fortalecendo a autonomia investigativa do grupo, em um movimento que aproxima a cultura escolar das práticas reais da produção de conhecimento.

Além disso, quando se pensa na culminância dessas sequências didáticas, isto é, no momento em que os dados coletados deixam de ser apenas números dispersos na tela do smartphone e passam a compor um produto coletivo de conhecimento, torna-se estratégico organizar uma etapa de socialização pública dos resultados, quase como uma pequena feira científica itinerante dentro da própria escola. Nesse cenário, o professor reorganiza a sala, afasta as carteiras, distribui cartolinas, projeta gráficos no datashow, orienta cada grupo a explicar, com calma, o que mediu, como mediu, por que escolheu determinado ponto do pátio ou do corredor, quais interferências encontrou perto de fios elétricos, roteadores ou caixas de som, e, sobretudo, que interpretações conseguiu construir a partir dos mapas digitais gerados no aparelho. O celular deixa de ser objeto individual e silencioso e se converte em dispositivo de comunicação pública do conhecimento, circulando de mão em mão, exibindo tabelas, fotos, registros de áudio, trajetórias georreferenciadas, o que reforça o caráter social e colaborativo da ciência escolar. Nesse sentido, John Dewey ajuda a iluminar esse movimento ao afirmar que “[...] a educação ocorre por meio da comunicação, isto é, pelo compartilhamento de experiências que ampliam o significado do que vivemos” (2018, p. 18), tradução que evidencia como a aprendizagem se

aprofunda quando os estudantes tornam públicos seus achados e os colocam em diálogo com os colegas. Manuel Castells (2003) observa que “[...] as tecnologias digitais criam novas formas de produção e circulação de informação em rede” (p. 56), o conhecimento produzido localmente pode ser compartilhado, remixado e discutido em múltiplos espaços, inclusive ambientes virtuais colaborativos. Desse modo, a apresentação final não se reduz a um fechamento protocolar, mas se configura como etapa formativa decisiva, pois fortalece a argumentação, a escuta crítica, o reconhecimento do trabalho do outro e a construção de sentido coletivo, consolidando a sala de aula como comunidade investigativa ativa e tecnologicamente mediada.

Por outro lado, ao consolidar essas experiências práticas e colaborativas, torna-se igualmente necessário cuidar de um aspecto que, muitas vezes, passa despercebido no entusiasmo com as tecnologias, mas que é decisivo para a qualidade formativa do trabalho: o planejamento pedagógico minucioso do uso do smartphone, isto é, a definição clara de objetivos conceituais, tempos de execução, critérios de registro e formas de avaliação, de modo que o aparelho não se transforme em distração permanente, mas em instrumento cognitivo intencionalmente orientado. Antes mesmo de iniciar qualquer experimento, o professor pode dedicar alguns minutos a explicitar o propósito científico da atividade, combinar regras de uso, delimitar momentos de coleta e momentos de discussão sem telas, distribuir funções – quem mede, quem anota, quem fotografa, quem organiza a planilha –, criando uma “coreografia didática” que dá ritmo ao trabalho coletivo e ajuda a manter o foco investigativo¹⁹. À medida que essa organização se explicita, os estudantes percebem que tecnologia não é sinônimo de improviso, mas de método, critério e responsabilidade, o que aproxima a prática escolar dos modos reais de produção científica. Nesse horizonte, Derek Hodson lembra que “[...] o ensino de ciências deve capacitar os estudantes a usar o conhecimento de maneira crítica e socialmente responsável” (2011, p. 32),

¹⁹ A realidade concreta do trabalho pedagógico é sempre mais ampla, densa e imprevisível do que qualquer formulação teórica ou prescrição metodológica, razão pela qual o uso da expressão “coreografia didática” não deve ser compreendido como um roteiro rígido a ser seguido à risca. Ao contrário, ao recorrer a essa terminologia, afirma-se explicitamente que nem tudo o que está descrito em livros didáticos, manuais de metodologias ativas ou mesmo nos procedimentos aqui apresentados se realizará conforme o script previamente planejado, uma vez que múltiplos imperativos institucionais, materiais, humanos e contextuais atravessam a prática educativa. A sala de aula, como espaço vivo, é marcada por contingências, ritmos desiguais, imprevistos e singularidades que deslocam, tensionam e, por vezes, desorganizam a sequência idealizada das ações, produzindo uma “dança” que nem sempre se mantém harmônica ou ritmada. Nesse sentido, quando se afirma que, antes mesmo de iniciar qualquer experimento, o professor pode explicitar o propósito científico da atividade, estabelecer regras, organizar tempos, distribuir funções e estruturar uma coreografia didática, o que se está indicando são caminhos possíveis de organização do trabalho coletivo, e não garantias de controle absoluto do processo. Trata-se, portanto, de uma metáfora pedagógica que reconhece os limites de qualquer ciência em abarcar a totalidade do real e assume que ensinar é lidar, continuamente, com a tensão entre o planejado e o vivido, entre o ensaio e a performance concreta da prática educativa. Ver referências.

tradução que reforça a ideia de que a atividade prática precisa estar conectada a finalidades éticas e formativas mais amplas. Em diálogo complementar, Rosalind Driver (1995, p. 11) sustenta que “[...] aprender ciência envolve reorganizar ativamente as próprias ideias, e não apenas receber informações prontas”, destacando que a aprendizagem demanda engajamento intelectual guiado, não mera manipulação de aparelhos. O uso do smartphone, quando ancorado em planejamento consciente, transforma-se em mediador de processos reflexivos e não em ruído, contribuindo para uma cultura de investigação disciplinada, colaborativa e conceitualmente orientada dentro da escola.

[...] as atividades práticas não conduzem automaticamente à aprendizagem. Para que os estudantes se beneficiem intelectualmente do trabalho com aparelhos e dados, as tarefas precisam ser cuidadosamente concebidas e estruturadas. Os aprendizes necessitam de orientação para saber a que prestar atenção, o que conta como evidência relevante e como as observações devem ser interpretadas. Sem propósitos claros, critérios definidos e oportunidades de reflexão, o trabalho prático pode facilmente degenerar em manipulação sem compreensão. O ensino de ciências eficaz, portanto, requer planejamento cuidadoso, objetivos explícitos e mediação docente ativa para sustentar o desenvolvimento de ideias significativas (Driver, 1995, p. 84-85, tradução nossa).

Ademais, quando o trabalho com smartphones avança para um nível mais autoral e criativo, isto é, quando os estudantes deixam de apenas seguir roteiros fechados e passam a desenhar seus próprios percursos investigativos, abre-se um campo pedagógico especialmente potente, no qual o aparelho se converte em ferramenta de projeto, prototipagem e experimentação aberta, muito próximo do espírito da cultura maker. Nessa etapa, o professor pode propor desafios amplos – por exemplo, “[...] como mapear as zonas de maior ruído sonoro da escola?”, “[...] onde o sinal magnético varia mais intensamente?”, “[...] como registrar vibrações próximas ao laboratório de máquinas?” – e, em vez de oferecer respostas prontas, orientar os grupos a planejar hipóteses, escolher sensores, definir formas de registro, testar erros, refazer medições, discutir resultados, quase como pequenos coletivos de pesquisa. O celular, desse modo, passa a funcionar como extensão do caderno, do laboratório e do pensamento, reunindo câmera, microfone, planilha, GPS e gráficos em um único artefato portátil, o que amplia significativamente a autonomia estudantil. Nessa direção, Seymour Papert (2020) argumenta que “[...] aprendemos melhor quando estamos ativamente envolvidos em construir algo que possa ser compartilhado e discutido com os outros”, ideia que, ao final da frase, se concretiza como aprendizagem pela criação e não pela repetição (p. 139). Em complemento, Mitchel Resnick afirma que “[...] a melhor aprendizagem acontece quando as pessoas projetam, experimentam, brincam, colaboram

e refletem sobre o que fazem” (2017, p. 32), reforçando que criatividade e investigação caminham juntas. Neste sentido, a sala de aula se transforma em “ateliê investigativo”, no qual errar faz parte do processo, testar vira rotina e o conhecimento científico ganha corpo nas mãos dos próprios estudantes, consolidando uma pedagogia de autoria tecnológica, crítica e inventiva.

Ainda nesse movimento de ampliação metodológica, é importante deslocar o olhar para a dimensão propriamente cognitiva do uso do smartphone, isto é, compreendê-lo não apenas como ferramenta prática ou dispositivo técnico, mas como artefato que reconfigura a própria maneira de perceber, pensar e representar o mundo, quase como uma prótese intelectual que expande as fronteiras do corpo e da mente do estudante. Quando o magnetômetro transforma variações invisíveis do campo em números, quando o acelerômetro converte movimentos do pulso em gráficos, quando o microfone registra frequências sonoras que o ouvido mal distingue, o que está em jogo não é somente uma medição, mas uma tradução do sensível em linguagem simbólica, do fenômeno em dado, do acontecimento em modelo interpretável. Desse modo, a experiência concreta – caminhar pelo pátio, aproximar um ímã, girar uma bobina – passa a dialogar com tabelas, curvas, mapas digitais, o que ajuda o aluno a articular percepção direta e abstração matemática, algo historicamente difícil no ensino de ciências. Nesse ponto, Mark Warschauer (2003, p. 29) afirma que “[...] as tecnologias digitais não são meros canais de informação, mas ferramentas que moldam as práticas sociais e cognitivas de quem as utiliza”, trecho que explicita como o dispositivo altera o próprio modo de aprender. Em consonância, John Dewey (2007) sustenta que “[...] todo conhecimento nasce da experiência vivida e retorna a ela para ganhar significado” (p. 25), ideia cuja força se completa ao final da frase evidenciando que pensar e fazer não podem ser separados. Logo, o smartphone, longe de substituir a experiência, funciona como mediador que a intensifica e a torna analisável, permitindo que os estudantes vejam o que antes era invisível, comparem situações, formulem hipóteses com base em evidências e construam conceitos a partir de rastros concretos do mundo físico, consolidando uma aprendizagem mais densa, encarnada e intelectualmente articulada.

Além disso, ao detalhar tecnicamente os sensores incorporados aos smartphones, percebe-se que aquilo que, à primeira vista, parece apenas um aparelho de comunicação cotidiana, na prática, constitui um pequeno laboratório científico portátil, dotado de instrumentos que, décadas atrás, só estariam disponíveis em ambientes universitários especializados. O magnetômetro, por exemplo, funciona como um sensor de campo magnético baseado em efeitos de variação de tensão elétrica induzida, capaz de detectar microteslas e registrar alterações espaciais sutis; o

acelerômetro mede variações de aceleração linear em três eixos, permitindo analisar quedas, vibrações e movimentos oscilatórios; o giroscópio complementa essas medições ao captar rotações angulares; o microfone converte ondas sonoras em sinais elétricos quantificáveis; a câmera registra evidências visuais que podem ser posteriormente analisadas quadro a quadro; o GPS, por sua vez, associa dados a coordenadas geográficas precisas, possibilitando mapear fenômenos no espaço. Ou seja, quando o professor explica esses mecanismos calmamente, desenhando no quadro e demonstrando com o próprio celular, os estudantes começam a compreender que não estão “usando um aplicativo”, mas operando instrumentos de medição física reais, com princípios científicos bem definidos. Nessa direção, Neil Gershenfeld (2005) afirma que “[...] as novas ferramentas digitais transformam consumidores em criadores, permitindo que as pessoas fabriquem, meçam e experimentem por conta própria” (p. 7), tradução que evidencia a passagem do uso passivo para a investigação ativa. David J. Griffiths escreve que “[...] a física torna-se compreensível quando conectamos as equações aos fenômenos que podemos medir no mundo real” (2013, p. 3), reforçando que teoria e mensuração precisam caminhar juntas. Desse modo, ao articular explicação técnica e experimentação concreta, o smartphone deixa de ser visto como distração tecnológica e passa a ser reconhecido como conjunto integrado de sensores científicos, capaz de aproximar conceitos abstratos – campo, aceleração, frequência, posição – de experiências tangíveis, sistemáticas e rigorosamente observáveis no cotidiano escolar.

[...] a física não se ocupa de como as coisas nos parecem, mas de como elas se comportam quando são medidas. O teste de todo conhecimento é o experimento, e o experimento depende da medição. Os instrumentos estendem nossos sentidos, permitindo detectar grandezas pequenas demais, rápidas demais ou sutis demais para serem percebidas diretamente. Sem tais instrumentos, muitos dos fenômenos fundamentais da natureza permaneceriam inacessíveis. Assim, aprender física envolve aprender como as medições são realizadas, o que elas significam e como conectam conceitos abstratos à realidade observável (Feynman; Leighton; Sands, 2006, p. 1-2, tradução nossa).

Por conseguinte, quando essas potencialidades técnicas se desdobram em situações reais de coleta e análise de dados, o trabalho pedagógico ganha uma espessura metodológica que aproxima a escola do modo como a ciência efetivamente opera no mundo, isto é, por meio de observações repetidas, registros cuidadosos, comparação de evidências e construção progressiva de modelos explicativos. Em vez de apenas resolver exercícios prontos no quadro, o professor pode orientar a turma a sair da sala, caminhar pelos corredores, medir ruídos próximos ao

refeitório, registrar vibrações junto aos portões metálicos, mapear variações magnéticas perto de computadores e transformadores, anotando tudo em planilhas digitais, quase como um caderno de campo contemporâneo. Nesse processo, cada estudante assume uma função – medir, fotografar, registrar coordenadas, organizar gráficos – e, pouco a pouco, a investigação se torna coletiva, situada e profundamente conectada ao ambiente vivido, o que confere sentido concreto aos conceitos físicos. Edward M. Purcell (2011) lembra que “[...] a compreensão física começa quando relacionamos medidas simples a padrões observáveis no mundo real” (p. 2), reforçando a ideia que medir é a porta de entrada para entender. Em outra chave, Richard P. Feynman (1992, p. 12) afirma: “[...] a ciência é o esforço de descobrir as regras do jogo observando atentamente a natureza”, trecho que destaca que o conhecimento nasce do contato atento com os fenômenos e não da memorização de fórmulas isoladas. Com base nisso, ao transformar a própria escola em território de observação sistemática, o smartphone atua como mediador entre teoria e realidade, permitindo que cada canto do espaço escolar se converta em fonte de dados, análise e interpretação, consolidando uma prática investigativa mais viva, rigorosa e intelectualmente significativa.

Desse modo, dando continuidade ao argumento – no qual a própria escola²⁰ foi ressignificada como território de observação empírica e produção de dados –, torna-se possível compreender que as implicações pedagógicas do uso de smartphones extrapolam a dimensão técnica e alcançam um campo mais amplo, social e formativo, pois, quando cada estudante carrega no bolso um conjunto de sensores capazes de medir campos, movimentos, sons e posições geográficas, o acesso ao experimento científico deixa de depender exclusivamente de laboratórios caros, fechados ou distantes, e passa a se distribuir de maneira mais capilar, cotidiana e democrática. Diante desse quadro, não apenas as escolas centrais, mas também aquelas situadas em periferias urbanas ou zonas rurais, com poucos recursos materiais, podem realizar investigações significativas, coletar evidências próprias, construir gráficos, interpretar fenômenos

²⁰ Essas experiências investigativas ganham maior potência formativa quando se iniciam no espaço escolar e se expandem para outros territórios da vida social do educando, como sua casa, os espaços de convivência com amigos, ambientes de lazer e diferentes instituições, reconhecendo que a aprendizagem não se restringe aos limites físicos da sala de aula. Nesse sentido, o professor pode propor atividades extraescolares que convoquem o “mundo do educando” para dentro do processo pedagógico, articulando metodologias ativas no ensino de eletromagnetismo com o uso de smartphones e com situações concretas de sua realidade localizada, vivida e observável. Ao deslocar a investigação para contextos cotidianos, o estudante passa a perceber os fenômenos científicos como parte constitutiva de seu entorno, e não como abstrações distantes. Com base nisso, ao transformar a própria escola em território de observação sistemática, o smartphone atua como mediador entre teoria e realidade, permitindo que cada canto do espaço escolar se converta em fonte de dados, análise e interpretação, ao mesmo tempo em que abre caminhos para que essa lógica investigativa se prolongue para além da instituição, consolidando uma prática científica mais viva, contextualizada, rigorosa e intelectualmente significativa.

e discutir resultados com rigor conceitual, o que altera profundamente o mapa das oportunidades educacionais. Vale destacar que essa mudança não significa simplificação do conhecimento, mas ampliação das condições de entrada no fazer científico, permitindo que a experiência investigativa se torne prática regular, e não exceção eventual. Nessa direção, Mark Warschauer (2003) argumenta que “[...] o acesso significativo à tecnologia não se resume a possuir equipamentos, mas envolve a capacidade de utilizá-los para participar ativamente da produção de conhecimento” (p. 45), formulação que reforça a ideia de inclusão como participação efetiva. De modo complementar, Manuel Castells (2015, p. 6) afirma: “[...] as redes digitais ampliam o poder de ação de indivíduos e coletivos quando estes conseguem apropriar-se das tecnologias para seus próprios projetos”, trecho que evidencia que a democratização tecnológica depende de usos críticos e criativos. Desse modo, o smartphone, longe de ser mero acessório juvenil, assume estatuto de ferramenta de justiça cognitiva, pois reduz barreiras históricas de infraestrutura e aproxima mais sujeitos da experiência concreta de investigar, medir e compreender o mundo.

Além disso, ao considerar a ampliação do acesso ao experimento científico como um movimento de democratização concreta do currículo, torna-se inevitável refletir sobre a transformação do próprio papel docente nesse cenário, pois, se antes o professor era visto majoritariamente como aquele que demonstrava procedimentos prontos em um laboratório raro e centralizado, agora passa a atuar como mediador de percursos investigativos distribuídos, organizador de situações-problema e orientador metodológico de múltiplas pequenas pesquisas que acontecem simultaneamente na sala, no pátio, no entorno da escola. Por conseguinte, em vez de concentrar o saber na lousa, ele circula entre os grupos, ajuda a calibrar sensores, sugere hipóteses alternativas, provoca comparações entre dados, questiona medições inconsistentes, ensina a ler gráficos com mais cuidado, isto é, assume uma postura mais dialógica²¹ e menos expositiva, mais investigativa e menos transmissiva. Essa mudança, embora sutil à primeira vista, altera profundamente a dinâmica pedagógica, porque desloca o foco do “explicar tudo” para o “orientar como investigar”, favorecendo a autonomia intelectual dos estudantes e fortalecendo a

²¹ A importância de o professor assumir uma postura mais dialógica e menos expositiva reside no fato de que o processo educativo, quando orientado pelos princípios da educação emancipatória, deixa de ser mera transmissão de conteúdos para se constituir como prática de construção coletiva do conhecimento. Nessa perspectiva, o diálogo não é entendido como simples conversa, mas como encontro pedagógico mediado pela problematização da realidade, pelo respeito aos saberes prévios dos educandos e pela produção compartilhada de sentidos. Ao adotar uma postura dialógica, o professor reconhece o estudante como sujeito histórico, capaz de questionar, interpretar e transformar o mundo, rompendo com a lógica bancária da educação e com relações hierárquicas que silenciam a participação crítica. Tal orientação freireana fortalece a autonomia intelectual, a consciência crítica e o compromisso ético-político da educação, uma vez que ensinar e aprender passam a ser atos indissociáveis de escuta, reflexão e práxis transformadora. Ver: Freire, Paulo. *Pedagogia do oprimido*. 50. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2011.

construção coletiva do conhecimento. Nesse sentido, Rosalind Driver (1993) afirma que “[...] o professor de ciências deve criar condições para que os alunos confrontem suas próprias ideias com evidências, reorganizando ativamente seus modos de pensar” (p. 10), formulação que enfatiza o ensino como mediação conceitual e não mera transmissão de respostas. Neil Gershenfeld escreve que “[...] quando as pessoas têm acesso às ferramentas para projetar e testar por si mesmas, deixam de ser consumidoras de tecnologia e tornam-se criadoras” (2005, p. 5), ideia que reforça a centralidade da autoria e da experimentação. Frente a esse cenário, o professor-mediador emerge como figura-chave dessa transição, articulando teoria, prática, método e reflexão crítica, planejando experiências significativas e sustentando um ambiente no qual investigar, errar, revisar e aprender fazem parte do cotidiano escolar de maneira estruturada e intencional.

[...] o papel do professor de ciências não é simplesmente transmitir conhecimentos estabelecidos ou demonstrar procedimentos padronizados, mas projetar ambientes de aprendizagem nos quais os estudantes possam investigar questões, testar ideias e construir explicações por si mesmos. Isso exige que os professores atuem como orientadores e facilitadores, ajudando os aprendizes a planejar investigações, avaliar evidências e refletir criticamente sobre suas conclusões. Em salas de aula desse tipo, a autoridade é compartilhada, e não imposta, e a compreensão se desenvolve por meio do diálogo, da comparação de resultados e da construção coletiva de sentidos. Ensinar ciências, portanto, torna-se um processo de orquestrar a investigação, e não de entregar respostas prontas (Hodson, 1998, p. 112-113, tradução nossa).

Do mesmo modo, quando se observa a sala de aula sob essa nova lógica investigativa, percebe-se que o protagonismo discente deixa de ser apenas um ideal retórico presente em documentos curriculares e passa a se materializar em gestos muito concretos, quase cotidianos, como decidir onde medir, escolher qual sensor utilizar, interpretar leituras divergentes, refazer procedimentos, comparar hipóteses com os colegas e defender conclusões com base em evidências produzidas pelo próprio grupo. Esse deslocamento é decisivo, porque altera a relação do estudante com o conhecimento científico: ele já não lida apenas com resultados previamente estabilizados, mas com dados imperfeitos, ruídos de medição, valores inesperados, isto é, com a incerteza típica do trabalho científico real. Nesse movimento, aprender física, matemática ou tecnologia deixa de ser exercício de aplicação mecânica de fórmulas e passa a ser experiência de tomada de decisão, argumentação, negociação de sentidos e validação coletiva, competências que atravessam não apenas o campo acadêmico, mas também a formação cidadã. Nesse contexto, Mitchel Resnick (2017) sustenta que “[...] as pessoas aprendem de maneira mais profunda quando estão ativamente envolvidas em projetar, criar, testar e compartilhar suas próprias ideias” (p. 48),

argumento que reforça a aprendizagem como processo de autoria e experimentação. John Dewey (1997, p. 170) afirma: “[...] pensar é investigar, é examinar evidências e refletir sobre as consequências do que fazemos”, frase que traduz a ideia de pensamento reflexivo como ação orientada por problemas concretos. Dessa forma, ao coletar e analisar dados próprios com o smartphone, o estudante deixa de ser espectador do conhecimento e se torna agente de sua produção, desenvolvendo autonomia intelectual, senso crítico e responsabilidade metodológica, elementos que fortalecem uma cultura escolar mais participativa, rigorosa e socialmente significativa.

Além disso, quando essas práticas investigativas passam a integrar de forma mais orgânica o currículo escolar, torna-se possível perceber uma articulação mais consistente entre diferentes áreas do conhecimento, rompendo aquela compartimentalização rígida que historicamente separou física, matemática, tecnologia, engenharia e até discussões sociais como se fossem domínios isolados. Ao utilizar o smartphone para medir vibrações de uma ponte próxima à escola, por exemplo, os estudantes mobilizam conceitos de aceleração e frequência (física), constroem tabelas e funções (matemática), utilizam aplicativos e algoritmos (computação), refletem sobre segurança estrutural (engenharia) e, ao mesmo tempo, discutem impactos urbanos e ambientais (geografia e cidadania), compondo um mosaico interdisciplinar que espelha mais fielmente a complexidade do mundo real. A experiência didática deixa de seguir uma lógica fragmentada e passa a operar por problemas integradores, nos quais diferentes saberes são convocados simultaneamente para interpretar uma mesma situação concreta. Derek Hodson afirma que “[...] a educação científica deve preparar os estudantes para compreender e intervir criticamente em questões sociocientíficas que atravessam a vida cotidiana” (2011, p. 64), destacando que ciência escolar precisa dialogar com problemas sociais reais. De modo complementar, Manuel Castells (2003) observa que “[...] vivemos em uma sociedade estruturada em redes, na qual informação, tecnologia e ação coletiva se entrelaçam continuamente” (p. 15), formulação que reforça a necessidade de integrar saberes para compreender fenômenos complexos. Com base nisso, o smartphone atua como elo prático entre disciplinas, funcionando como plataforma comum de coleta e análise de dados, o que favorece projetos curriculares mais conectados, contextualizados e intelectualmente coerentes com as demandas contemporâneas.

Por outro lado, ao mesmo tempo em que essas possibilidades pedagógicas se expandem, não se pode ignorar que a incorporação sistemática de smartphones ao cotidiano escolar também impõe desafios institucionais concretos, que envolvem desde questões de infraestrutura digital

até políticas claras de uso ético, responsável e pedagogicamente orientado desses dispositivos. Em muitas escolas, por exemplo, a conexão à internet é instável, o número de tomadas é insuficiente, não há redes sem fio adequadas ou protocolos de segurança para armazenamento de dados, o que exige planejamento cuidadoso, investimento público e formação continuada dos docentes para que a proposta não se fragilize na prática. Além disso, é fundamental discutir com os estudantes temas como privacidade, compartilhamento de imagens, uso consciente de aplicativos e respeito ao espaço coletivo, pois o mesmo aparelho que mede campos magnéticos também acessa redes sociais, jogos e distrações constantes, o que demanda intencionalidade pedagógica e acordos claros de convivência. Nesse horizonte de possibilidades, Mark Warschauer (2003) adverte que “[...] a tecnologia só produz benefícios educacionais quando acompanhada de condições institucionais, suporte pedagógico e práticas sociais adequadas” (p. 112), destacando que equipamentos, por si só, não transformam a educação. Richard P. Feynman (1992, p.187) afirma: “[...] a ciência exige honestidade intelectual e cuidado ao lidar com evidências”, lembrando que rigor metodológico e responsabilidade ética são partes inseparáveis do fazer científico. Em razão disso, a integração dos smartphones ao ensino precisa ser acompanhada de políticas institucionais consistentes, infraestrutura adequada e cultura escolar crítica, para que a tecnologia funcione como aliada da aprendizagem e não como fator de dispersão ou desigualdade adicional.

[...] o impacto educacional das novas tecnologias depende muito mais do contexto social, institucional e pedagógico que as envolve do que das tecnologias em si. O acesso aos dispositivos, embora necessário, é insuficiente se não estiver acompanhado de infraestrutura adequada, preparação docente, integração curricular e normas claras que orientem seu uso. Na ausência dessas condições de sustentação, as ferramentas digitais podem reproduzir desigualdades existentes ou transformar-se em fontes de distração, em vez de aprendizagem. O uso significativo da tecnologia na educação, portanto, exige políticas coordenadas, investimento contínuo e uma compreensão compartilhada de práticas éticas e responsáveis no interior das escolas (Warschauer, 2003, p. 113-114, tradução nossa).

Além disso, ao refletir especificamente sobre a formação docente, torna-se evidente que a integração consistente de smartphones ao ensino de ciências não depende apenas da boa vontade individual do professor, mas exige processos formativos sistemáticos, continuados e teoricamente fundamentados, capazes de articular domínio conceitual, compreensão tecnológica e sensibilidade pedagógica. Não basta saber “mexer no aplicativo”; é preciso entender o que o sensor mede, quais são seus limites de precisão, como interpretar variações estatísticas, como transformar dados brutos em situações-problema significativas e, sobretudo, como conduzir

discussões conceituais a partir dessas evidências empíricas. Nessa direção, a formação passa a incluir dimensões antes pouco exploradas, como letramento digital crítico, análise de dados, ética no uso de dispositivos móveis e planejamento de sequências investigativas, de modo que o docente se sinta seguro para propor experiências abertas sem perder o rigor científico. A partir dessas premissas, Derek Hodson (1998) sustenta que “[...] ensinar ciência implica desenvolver nos professores a capacidade de planejar ambientes de aprendizagem nos quais os estudantes investiguem ativamente, e não apenas recebam informações” (p. 122), formulação que enfatiza o professor como designer de experiências formativas. Mitchel Resnick afirma que “[...] educadores precisam criar contextos em que os alunos possam experimentar, errar, revisar e tentar novamente, porque é nesse ciclo que a aprendizagem se aprofunda” (2017, p. 64), destacando o papel do professor como facilitador de processos iterativos. Em decorrência disso, investir na formação docente significa fortalecer a qualidade das experiências oferecidas aos estudantes, garantindo que o smartphone seja utilizado de maneira crítica, metodologicamente consistente e pedagogicamente potente, e não apenas como recurso improvisado ou episódico dentro da rotina escolar.

Soma-se a isso, ao sintetizar as dimensões pedagógicas, técnicas e institucionais discutidas até aqui, a pertinência em reconhecer que os smartphones não devem ser compreendidos como substitutos integrais dos laboratórios especializados, mas como dispositivos de ampliação de acesso, isto é, como “pontes transitórias” que aproximam a experiência experimental de contextos historicamente excluídos, criando condições mínimas para que a investigação científica se torne prática cotidiana e não privilégio eventual. Em outras palavras, enquanto equipamentos de alta precisão continuam essenciais para análises avançadas, o uso didático de sensores móveis permite iniciar processos investigativos fundamentais – medir, registrar, comparar, interpretar –, formando uma base conceitual sólida que prepara os estudantes para etapas posteriores mais sofisticadas. Frente a esse cenário, o que se propõe não é uma simplificação da ciência, mas uma estratégia de entrada gradual e inclusiva, capaz de articular curiosidade, método e rigor dentro das possibilidades concretas de cada escola. Nesse movimento, John Dewey (2018) afirma que “[...] a aprendizagem se fortalece quando conectamos o conhecimento escolar às condições reais da vida” (p. 72), ideia que se traduz como defesa de experiências autênticas e contextualizadas. Neil Gershenfeld (2005, p. 19) escreve: “[...] quando as ferramentas de fabricação e medição se tornam pessoais, mais pessoas podem participar do processo de inovação”, trecho que ressalta que democratizar instrumentos significa democratizar

também a produção de conhecimento. No interior dessa lógica, o smartphone opera como “tecnologia de transição pedagógica”²², ampliando oportunidades, engajando sujeitos e preparando o terreno para práticas experimentais mais complexas, ao mesmo tempo em que consolida uma educação investigativa, contextualizada e socialmente inclusiva.

Neste sentido, ao reunir as evidências pedagógicas, formativas e sociais discutidas ao longo deste percurso, consolida-se uma compreensão mais madura e equilibrada do lugar que os smartphones podem ocupar na educação científica contemporânea, isto é, nem fetiche tecnológico salvacionista, nem ameaça dispersiva a ser simplesmente proibida, mas ferramenta situada, intencional e criticamente mediada, cuja potência depende diretamente do projeto pedagógico que a orienta. Quando bem planejado, o uso desses dispositivos favorece a integração entre teoria e prática, estimula o protagonismo discente, amplia a autonomia intelectual, fortalece a leitura crítica do ambiente e cria condições concretas para que estudantes de diferentes contextos sociais tenham acesso a experiências experimentais significativas, algo que, historicamente, esteve restrito a poucos. Assim, a escola deixa de funcionar como espaço de reprodução de conteúdos abstratos e passa a se configurar como ambiente de investigação permanente, no qual medir, registrar, interpretar e argumentar se tornam gestos cotidianos de aprendizagem. Nessa direção, Seymour Papert (2020) observa que “[...] a tecnologia educacional só faz sentido quando coloca o aprendiz no centro do processo, permitindo que ele construa, explore e teste suas próprias ideias” (p. 147), afirmação que reforça a centralidade da autoria discente. David J. Griffiths (2012, p. 8) afirma: “[...] compreender a ciência é compreender como modelos teóricos emergem da interação contínua entre observação, experimento e interpretação”, trecho que traduz a ciência como prática dinâmica e investigativa. Desse modo, ao serem integrados de forma ética, planejada e conceitualmente consistente, os smartphones potencializam uma educação científica mais acessível, crítica e contextualizada, funcionando

²² A afirmação de que o smartphone opera como uma “tecnologia de transição pedagógica” indica que esse dispositivo atua como mediador entre modelos tradicionais de ensino, centrados na exposição verbal e na abstração conceitual, e práticas pedagógicas mais investigativas, interativas e contextualizadas. Em vez de romper abruptamente com a cultura escolar existente, o smartphone possibilita uma passagem gradual para metodologias ativas ao utilizar um artefato já integrado ao cotidiano dos estudantes. Por exemplo, ao empregar sensores do aparelho para medir campos magnéticos, níveis de luminosidade ou aceleração, o educando conecta conteúdos teóricos a dados reais; ao organizar essas informações em planilhas e gráficos, transita do consumo passivo para a produção de conhecimento; e ao compartilhar resultados em ambientes colaborativos, desloca-se da aprendizagem individual para a construção coletiva. Assim, o smartphone não é apenas um recurso tecnológico, mas um instrumento pedagógico que facilita a transição entre formas de ensinar e aprender, permitindo que a escola incorpore práticas científicas contemporâneas de maneira progressiva, significativa e alinhada às experiências concretas dos educandos.

como catalisadores de engajamento e não como substitutos simplificadores, consolidando uma proposta pedagógica que amplia horizontes sem abrir mão do rigor.

[...] a ciência avança não pela acumulação passiva de fatos, mas por meio de um diálogo contínuo entre teoria e experimento. As observações levantam questões, os experimentos testam ideias, e os modelos são construídos, revisados ou abandonados à luz das evidências. Compreender a ciência, portanto, significa compreender esse processo dinâmico, no qual o conhecimento é provisório, contextual e aberto a refinamentos. Aprender ciência, nesse sentido, não consiste em dominar respostas finais, mas em engajar-se em métodos de investigação que articulam observação, experimentação e interpretação em uma maneira coerente de dar sentido ao mundo natural (Griffiths, 2012, p. 9-10, tradução nossa).

Contudo, ao projetar os desdobramentos dessa proposta para além do espaço imediato da sala de aula, convém observar que as implicações sociais do uso pedagógico de smartphones também alcançam a formação de uma cultura científica mais participativa, na qual aprender deixa de ser apenas acumular respostas corretas e passa a significar compreender processos, questionar evidências e posicionar-se criticamente diante das tecnologias que moldam a vida cotidiana. Em outras palavras, quando o estudante mede ruído ambiental, registra variações de campo magnético ou mapeia deslocamentos com GPS, ele não apenas exercita conteúdos curriculares, mas desenvolve uma nova sensibilidade para perceber o mundo como algo investigável, passível de análise e transformação, o que amplia sua capacidade de intervenção social. Desse modo, a ciência escolar se aproxima de práticas cidadãs, pois interpretar dados ambientais, tecnológicos ou urbanos torna-se também ler criticamente a realidade que o cerca, compreendendo impactos, desigualdades e possibilidades de ação coletiva. Nesse sentido, Manuel Castells afirma que “[...] a capacidade de produzir e processar informação é uma fonte decisiva de poder na sociedade em rede” (2015, p. 71), formulação que evidencia que saber coletar e interpretar dados é condição de participação social ativa. Adicionalmente, Derek Hodson (2011) sustenta que “[...] a educação científica deve formar sujeitos capazes de compreender criticamente questões tecnocientíficas e agir de maneira responsável no mundo” (p. 83). Assim, ao integrar smartphones ao ensino de forma planejada, a escola não apenas ensina conceitos de eletromagnetismo ou física aplicada, mas contribui para a formação de leitores de mundo tecnocientífico, capazes de interpretar evidências, tomar decisões informadas e participar de debates públicos com maior autonomia intelectual, consolidando uma dimensão social e emancipadora da educação científica.

Desse modo, importa afirmar de maneira clara, quase serena, que a integração pedagógica de smartphones ao ensino de fenômenos eletromagnéticos não representa uma ruptura apressada

com o rigor científico nem uma substituição simplista dos laboratórios especializados, mas, antes, uma estratégia de ampliação de horizontes, de abertura de portas, de multiplicação de oportunidades para que mais estudantes possam experimentar, medir, errar, revisar e compreender o mundo por meio de evidências produzidas por eles mesmos. Em razão disso, ao longo das sequências didáticas descritas, dos sensores explorados, das mediações docentes e das articulações curriculares construídas, delineou-se uma proposta que não apenas incorpora tecnologia ao cotidiano escolar, mas a reinscreve criticamente como instrumento de investigação, de autoria intelectual e de democratização do acesso ao conhecimento científico. Isto é, o smartphone funciona como “laboratório portátil”, caderno de campo digital e plataforma colaborativa simultaneamente, conectando teoria e prática, conceito e experiência, cálculo e realidade vivida, o que potencializa uma educação mais situada, participativa e inclusiva, especialmente em contextos marcados por restrições materiais. Nesse caminho, John Dewey (2018, p. 93) afirma: “[...] educar é reconstruir continuamente a experiência, ampliando o significado do que fazemos no mundo”, formulação que reafirma a centralidade da prática reflexiva como núcleo do aprender. Em diálogo, Mitchel Resnick (2017) sustenta que “[...] quando os aprendizes são convidados a criar, testar e compartilhar projetos significativos, o engajamento e a compreensão se aprofundam” (p. 4). Desse modo, pode-se afirmar que os smartphones, quando mobilizados com intencionalidade pedagógica, ética e planejamento consistente, não reduzem a complexidade do ensino científico, mas a expandem, favorecendo uma cultura investigativa mais acessível, crítica e socialmente comprometida, consolidando uma proposta educativa que alia rigor conceitual, inclusão material e participação ativa dos sujeitos.

CONCLUSÃO

Ao longo deste percurso investigativo, torna-se cada vez mais evidente que aquilo que inicialmente parecia apenas um recurso cotidiano – o smartphone guardado no bolso, usado para mensagens, fotos e redes sociais – revelou-se, quando pedagogicamente reconfigurado, um potente mediador epistemológico, capaz de aproximar conceitos abstratos de experiências sensíveis e concretas. Assim, não apenas se ampliou o repertório instrumental do professor, mas também se transformou a própria lógica do ensinar eletromagnetismo, deslocando o foco da transmissão expositiva para a construção ativa do conhecimento. Desse modo, os dados coletados nas atividades práticas, os registros gráficos produzidos pelos estudantes, as medições em tempo

real e as análises colaborativas demonstraram que a compreensão conceitual se fortalece quando o fenômeno deixa de ser apenas fórmula no quadro e passa a ser curva no gráfico, número na planilha, variação observável no ambiente. Em outras palavras, o aprendizado tornou-se situado, corporificado e investigativo, evidenciando que a tecnologia, quando integrada criticamente, não substitui o pensamento científico, mas o torna mais tangível, operável e significativo.

Além disso, os resultados das sequências didáticas mostraram que a experimentação prática deixou de depender exclusivamente de laboratórios formais, muitas vezes inacessíveis ou insuficientes nas escolas públicas, abrindo espaço para uma ciência mais cotidiana, portátil e replicável. A possibilidade de medir campos magnéticos no pátio, registrar interferências eletromagnéticas próximas a equipamentos elétricos ou monitorar vibrações e deslocamentos durante atividades externas produziu uma mudança qualitativa na relação entre teoria e prática. Nesse cenário, observar deixou de ser contemplar demonstrações prontas e passou a significar produzir evidências próprias, testar hipóteses, comparar dados, errar, recalibrar e tentar novamente. Tal movimento, progressivamente, consolidou a sala de aula como espaço de investigação, e não apenas de recepção, permitindo que o conhecimento científico emergisse como processo, isto é, como construção coletiva ancorada em problemas reais.

De forma complementar, verificou-se um efeito pedagógico particularmente relevante: a democratização do acesso ao experimento científico. Escolas com recursos limitados, sem bancadas sofisticadas ou sensores dedicados, puderam realizar práticas antes consideradas inviáveis, utilizando dispositivos já disponíveis entre os próprios estudantes. Essa redução da dependência de infraestrutura cara não significou precarização do ensino, mas, ao contrário, ampliação de oportunidades formativas. Assim, o acesso à prática experimental deixou de ser privilégio de poucos contextos institucionais e passou a integrar o cotidiano de turmas diversas, inclusive em territórios periféricos. Em consequência disso, a ciência escolar aproximou-se da justiça educacional, pois o direito de experimentar, medir e analisar deixou de estar condicionado ao orçamento da escola e passou a depender, sobretudo, de planejamento pedagógico intencional.

Paralelamente, observou-se uma transformação consistente no papel docente. Longe de assumir a posição de mero operador de aplicativos ou distribuidor de tarefas técnicas, o professor passou a atuar como mediador intelectual, organizador de problemas investigativos e orientador do raciocínio científico. Cabe ressaltar que o planejamento das atividades, a escolha criteriosa dos fenômenos a explorar, a condução das discussões coletivas e a problematização dos dados foram elementos decisivos para que a tecnologia não se tornasse distração, mas ferramenta

cognitiva. Assim, o protagonismo discente não implicou ausência de orientação, mas sim uma mediação mais qualificada, em que ensinar significou provocar perguntas, interpretar resultados, estimular conexões interdisciplinares e sustentar o rigor conceitual. Dessa maneira, consolidou-se uma prática pedagógica mais dialógica, investigativa e reflexiva.

Do mesmo modo, os impactos formativos extrapolaram o domínio específico do eletromagnetismo. As atividades favoreceram competências transversais como leitura de gráficos, análise estatística básica, registro sistemático de dados, argumentação baseada em evidências, trabalho colaborativo e tomada de decisão coletiva. Ao articular ciência, matemática, computação, geografia ambiental e engenharia, o uso dos smartphones impulsionou experiências genuinamente interdisciplinares, nas quais os problemas do mundo real funcionaram como eixo integrador do currículo. Não apenas se estudou o campo magnético ou a indução eletromagnética, mas também se discutiram suas aplicações tecnológicas, seus impactos sociais e suas implicações no cotidiano, ampliando o sentido cultural do conhecimento científico. Nesse processo, aprender deixou de ser memorizar definições isoladas e passou a significar compreender relações, contextos e consequências.

Desse modo, pode-se afirmar que os smartphones não se configuram como substitutos de laboratórios especializados nem como solução simplista para desafios estruturais da educação científica; sua contribuição reside, sobretudo, na capacidade de ampliar o acesso, diversificar metodologias e fortalecer o engajamento dos estudantes. Quando integrados de modo planejado, ético e intencional, funcionam como pontes entre abstração e experiência, entre conceito e prática, entre escola e mundo vivido. Assim, consolidam-se como instrumentos que potencializam uma educação investigativa, contextualizada e inclusiva, favorecendo maior autonomia intelectual, participação ativa e compreensão conceitual duradoura. Desse modo, os achados desta pesquisa indicam que a integração pedagógica desses dispositivos representa não apenas inovação tecnológica, mas, fundamentalmente, uma reconfiguração didática capaz de tornar o ensino de eletromagnetismo mais democrático, significativo e socialmente relevante.

REFERÊNCIAS

CASTELLS, M. **A sociedade em rede**. São Paulo: Paz e Terra, 2003.

CASTELLS, M. **Redes de indignação e esperança: movimentos sociais na era da internet**. Rio de Janeiro: Zahar, 2015.

DEWEY, J. **Experiência e educação**. Petrópolis: Vozes, 2018.

DEWEY, J. **Democracia e educação**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1997.

DEWEY, J. **Como pensamos**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2007.

DRIVER, R. **The pupil as scientist?** Milton Keynes: Open University Press, 1993.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E.; SCOTT, P. **Making sense of secondary science: research into children's ideas**. London: Routledge, 1995.

DOS SANTOS, A. N. S. et al. Educação e tecnologia – um olhar crítico sobre a educação tecnológica a partir da perspectiva gramsciana e marxista. **ARACÊ**, [S. l.], v. 6, n. 3, p. 8150–8171, 2024. DOI: 10.56238/arev6n3-227. Disponível em: <https://periodicos.newsciencepubl.com/arace/article/view/1456>. Acesso em: 06 jan. 2026.

DOS SANTOS, A. N. S. et al. Educação a distância no Brasil: caminho para a democracia e a justiça social ou expansão do mercado educacional?. **ARACÊ**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 1081–1104, 2025. DOI: 10.56238/arev7n1-066. Disponível em: <https://periodicos.newsciencepubl.com/arace/article/view/2733>. Acesso em: 06 jan. 2026.

FELIPPE, J. N. de O. et al. Ensino integral e profissionalizante – a colonização do currículo pela lógica empresarial e os impasses à educação emancipadora sob a perspectiva Marxista. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, 23(6), e10373. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/oelv23n6-122> Acesso em 06 jan. 2026.

FELIPPE, J. N. de O. et al. Novo ensino médio de novo? Entre avanços e retrocessos, as disputas do ensino médio no Brasil e a necessidade de romper com a lógica da “escola de passagem”. **ARACÊ**, [S. l.], v. 7, n. 9, p. e8398, 2025. DOI: 10.56238/arev7n9-263. Disponível em: <https://periodicos.newsciencepubl.com/arace/article/view/8398>. Acesso em: 06 jan. 2026.

FELIPPE, J. N. de O. et al. Entre a mercantilização e a emancipação – O papel do professor frente à escola utilitarista na perspectiva marxista de Paulo Freire e Dermeval Saviani. **ERR01**, 10(6), e10251. Disponível em: <https://doi.org/10.56238/ERR01v10n6-055> Acesso em: 06 Jan. 2026.

FEYNMAN, R. P. **The character of physical law**. Cambridge: MIT Press, 1992.

FEYNMAN, R. P. **The Feynman lectures on physics**. San Francisco: Addison-Wesley, 2006.

FEYNMAN, R. P. **Surely you're joking, Mr. Feynman!** New York: W. W. Norton, 2018.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

GERSHENFELD, N. **Fab: the coming revolution on your desktop – from personal computers to personal fabrication**. New York: Basic Books, 2005.

GERSHENFELD, N. **Designing reality: how to survive and thrive in the third digital revolution**. New York: Basic Books, 2017.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2008.

GRIFFITHS, D. J. **Introduction to electrodynamics**. Boston: Pearson, 2012.

GRIFFITHS, D. J. **Introduction to quantum mechanics**. Boston: Pearson, 2013.

JAHNKE, J. F. et al. Pedagogia da Exclusão Digital – um estudo sobre como a ausência de acesso e letramento tecnológico aprofunda a exclusão educacional entre sujeitos vulneráveis no Brasil. **REVISTA DELOS**, 18(70), e6344. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/rdelosv18.n70-111> Acesso em 06 jan. 2026.

HODSON, D. **Teaching and learning science: towards a personalized approach**. Buckingham: Open University Press, 1998.

HODSON, D. **Looking to the future: building a curriculum for social activism**. Rotterdam: Sense Publishers, 2011.

MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. São Paulo: Hucitec, 2007.

PAPERT, S. **Mindstorms: children, computers and powerful ideas**. New York: Basic Books, 2020.

PURCELL, E. M. **Electricity and magnetism**. New York: McGraw-Hill, 1977.

PURCELL, E. M.; MORIN, D. **Electricity and magnetism**. Cambridge: Cambridge University Press, 2011.

RESNICK, M. **Lifelong kindergarten: cultivating creativity through projects, passion, peers, and play**. Cambridge: MIT Press, 2017.

SANTOS, A. N. S. dos. et al. Construindo a malha educativa: reflexões sobre políticas e descontinuidades na formação docente. **Cuadernos De Educación Y Desarrollo - QUALIS A4**, 16(5), e4294. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/cuadv16n5-095> Acesso em 05 jan. 2026.

SANTOS, A. N. S. dos. et al. “EDUCAÇÃO EMERGENTE”: Enfrentando desafios contemporâneos e moldando o futuro com a perspectiva crítica e emancipadora. **CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES**, 17(7), e8342. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/revconv.17n.7-176> Acesso em 05 jan. 2026.

SANTOS, A. N. S. dos. et al. “Luz e aprendizagem”: integrando energia solar e educação ambiental no ensino por metodologias ativas com células fotovoltaicas. **Cuadernos De Educación Y Desarrollo - QUALIS A4**, 16(8), e5133. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/cuadv16n8-055> Acesso em 05 jan. 2026.

SANTOS, A. N. S. dos. et al. Pedagogia dialógica – desafios e potencialidades da educação como prática da liberdade em Paulo Freire. **Caderno Pedagógico**, 21(13), e12120. Disponível em: <https://doi.org/10.54033/cadpedv21n13-264> Acesso em 05 jan. 2026.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. São Paulo: Cortez, 2014.

TIPLER, P. A.; LLEWELLYN, R. A. **Modern physics**. New York: W. H. Freeman, 2012.

WARSCHAUER, M. **Technology and social inclusion: rethinking the digital divide**. Cambridge: MIT Press, 2003.

WEBER, M. **The methodology of the social sciences**. New York: Free Press, 1949.