

VOLUME 6 | NÚMERO 1

MAIO 2025

Revista
APEduC
Journal

INVESTIGAÇÃO E PRÁTICAS EM EDUCAÇÃO EM
CIÊNCIAS, MATEMÁTICA E TECNOLOGIA

RESEARCH AND PRACTICES IN SCIENCE,
MATHEMATICS AND TECHNOLOGY EDUCATION

ISSN: 2184-7436



FT

EDITOR | DIRETOR

J. Bernardino Lopes

EDITORES ASSISTENTES | ASSISTANT EDITORS

Carla Morais
Elisa Saraiva
Miriam Méndez
Ron Blonder
Xana Sá-Pinto

EDITORES CONVIDADOS | GUEST EDITORS

Apostolia Galani
Evangelia Mavrikaki

Mais informação:

[Equipa Editorial / Editorial Team](#) [online]

EDIÇÃO | EDITION

A **APeDuC Revista** - *Investigação e Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia* / **APeDuC Journal** - *Research and Practices in Science, Mathematics and Technology Education* é uma publicação eletrónica, online acessível em português, espanhol e inglês, de natureza Científico- Didática da Associação Portuguesa de Educação em Ciências (APeDuC). **Indexada na QUALIS com classificação B1.**

A **APeDuC Revista** tem revisão por pares, num processo duplamente cego. Publica artigos em português, inglês e espanhol e visa tornar-se uma referência internacional na sua área de atuação.

A gestão dos artigos é feita através da plataforma OJS.

A publicação é aberta e o texto completo é acessível gratuitamente. Não há custos de publicação para os autores dos artigos publicados.

Mais informação:

[APeDuC Revista / APeDuC Journal](#) [online]

[Receção de artigos originais/Paper submissions](#) [online]

Contacto: apeducrevista@apeduc.pt

CAPA, PAGINAÇÃO E APOIO À GESTÃO EDITORIAL

Patrícia Pessoa

ISSN: 2184-7436



Atribuição-Não Comercial-Sem Derivações
4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)
Attribution-NonCommercial-NoDerivatives
4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0)

CONSELHO EDITORIAL | EDITORIAL BOARD

Agustin Adúriz Bravo, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*

Álvaro Folhas, *Escola Secundária Marques Castilho, Portugal*

António Cachapuz, *Universidade de Aveiro, Portugal*

Baohui Zhang, *Shaanxi Normal University, China*

Ben Akpan, *Science Teachers Association of Nigeria, Nigeria*

Carlos Fiolhais, *Universidade de Coimbra, Portugal*

Cecília Galvão, *Universidade de Lisboa, Portugal*

Chatree Faikhamta, *Kasetsart University, Thailand*

Christian Buty, *Université of Lion, France*

Clara Alvarado Zamorano, *Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico*

Digna Couso, *Universitat Autònoma de Barcelona, Spain*

Eduardo Fleury Mortimer, *Universidade Federal de Minas Gerais- Belo Horizonte, Brazil*

Emmanuel Mushayikwa, *University of the Witwatersrand, South Africa*

Fernanda Ledesma, *Escola Secundária D. João II, Portugal*

Fernanda Ostermann, *Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brazil*

Isabel P. Martins, *Universidade de Aveiro, Portugal*

Jaime Carvalho e Silva, *Universidade de Coimbra, Portugal*

Jan C.W. van Aalst, *University of Twente, Netherlands*

João Filipe Matos, *Universidade de Lisboa, Portugal*

José Jorge Silva Teixeira, *Escola Secundária Dr. Júlio Martins, Portugal*

Laurinda Sousa Ferreira Leite, *Universidade do Minho, Portugal*

Leonel Morgado, *Universidade Aberta, Portugal*

Maria de Fátima Paixão, *Instituto Politécnico de Castelo Branco, Portugal*

Maria Francisca Macedo, *professora do 1º ciclo, escritora, Lisboa, Portugal*

Maria João Fonseca, *Universidade do Porto, Portugal*

Maria Odete Valente, *Universidade de Lisboa, Portugal*

Nelio Bizzo, *Universidade de S. Paulo e Universidade Federal de São Paulo, Brazil*

Núria Climent, *Universidad de Huelva, Spain*

Pedro Membiela, *Universidade de Vigo, Spain*

Regina Gouveia, *Professora aposentada e escritora, Portugal*

Salette Linhares Queiroz, *Universidade de São Paulo, Brazil*

Suzani Cassiani, *Universidade Federal de Santa Catarina, Brazil*

William C. Kyle, Jr., *University of Missouri – St. Louis, USA*



APeDuC Revista/ APeDuC Journal (2025), 6(1),1-1

PERIODICIDADE

FREQUENCY

PERIODICIDAD

Publica dois números por ano:

- Maio: submissão até 10 de março;
- Novembro: submissão até 10 de setembro.

Destinatários: Investigadores, professores, formadores, divulgadores e estudantes de pós-graduação

Publish two issues per year:

- May submission until March 10;
- November: submission until September 10.

Target audience: Researchers, teachers, trainers, science communicators and post-graduate students.

Publica dos números al año:

- Mayo: envío hasta el 10 de marzo;
- Noviembre: envío hasta el 10 de septiembre.

Público potencial: Investigadores, profesores, formadores, divulgadores y estudiantes de posgrado.

ÍNDICE

TABLE OF CONTENTS

TABLA DE CONTENIDOS

Editorial <i>J. Bernardino Lopes</i>	6
<i>Socio-scientific issues in science education – bridging knowledge and educational change</i> Questões sociocientíficas na educação em ciências – aproximar o conhecimento da transformação educativa Cuestiones sociocientíficas en la enseñanza de las ciencias - acercar el conocimiento a la transformación educativa <i>Apostolia Galani & Evangelia Mavrikaki</i>	10
<i>Secção 1 - Investigação em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia</i> <i>Section 1 - Research in Science, Mathematics and Technology Education</i> <i>Sección 1 - Investigación en Educación en Ciencias, Matemáticas y Tecnología</i>	15
<hr/>	
<i>Letramento científico voltado ao ativismo: contextos e processos indutivos à construção de elementos políticos</i> Activism-oriented scientific literacy: contexts and inductive processes for building political elements Alfabetización científica orientada al activismo: contextos e procesos de inducción de elementos políticos <i>Edgar Miranda da Silva & Pedro Guilherme Rocha dos Reis</i>	17
<i>A case study on the self-efficacy of pre-service and in-service Greek teachers regarding teaching through the use of socio-scientific issues</i> Um estudo de caso sobre a autoeficácia de professores gregos em formação e em serviço em relação ao ensino através do uso de questões sociocientíficas Un estudio de caso sobre la autoeficacia de los profesores griegos en formación y en servicio respecto a la enseñanza a través del uso de cuestiones socio-científicas <i>Sophia Fili, Eleni Alexiou, Konstantinos Danaktsis, Kyriaki Michaelidou & Nausica Kapsala</i>	41
<i>Using adapted primary literature to introduce students to socioscientific issues: a case of light pollution and biodiversity</i> Utilização da literatura primária adaptada para introduzir aos alunos questões sociocientíficas: um caso de poluição luminosa e biodiversidade Uso de literatura primaria adaptada para introducir a los estudiantes a cuestiones sociocientíficas: un caso de contaminación lumínica y biodiversidad <i>Gregor Torkar & Andreja Dolenc</i>	59

<i>Climate change as a socio-scientific issue in science education - a systematic review</i> As alterações climáticas como uma questão sociocientífica no ensino das ciências - uma revisão sistemática El cambio climático como cuestión sociocientífica en la enseñanza de las ciencias - una revisión sistemática Zoi Chaniotou, Chrysoula Bardi & Martha Georgiou	73
Secção 2 - Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia Section 2 - Practices in Science, Mathematics and Technology Education Sección 2 - Prácticas en Educación en Ciencias, Matemáticas y Tecnología	86
<i>Desenvolver a aritmética mental através do ensino exploratório com serious games</i> Developing mental arithmetic through exploratory teaching with serious games Desarrollar la aritmética mental mediante la enseñanza exploratoria con juegos serios Beatriz Guiomar, Yelitza Freitas, Ricardo Pinto, Elisabete Pinto, Virgílio Rato & Fernando Martins	88
<i>Prática pedagógica com realidade virtual imersiva no ensino superior: experiência e percepções da docente e estudantes</i> Pedagogical practice with immersive virtual reality in higher education: instructor and students' experience and perceptions Práctica pedagógica con realidad virtual inmersiva en la educación superior: experiencia y percepciones de la docente y del alumnado Maria Castelhana, Daniela Pedrosa, Diana Almeida & Leonel Morgado	106
<i>Desenvolvendo o pensamento computacional e a literacia estatística através da plataforma HypatiaMat</i> Developing computational thinking and statistical literacy through the HypatiaMat platform Desarrollo del pensamiento computacional y la alfabetización estadística a través de la plataforma HypatiaMat Rita Neves Rodrigues, Madalena Almiro, Virgílio Rato, Ricardo Pinto, Cecília Costa & Fernando Martins	122
<i>Pensamento computacional e práticas de ensino exploratório: uma experiência didática no 1.º ano do 1.º Ciclo do Ensino Básico</i> Computational thinking and exploratory teaching practices: a didactic experience in the 1 st year of Primary School Pensamiento computacional y prácticas de enseñanza exploratoria: una experiencia didáctica en 1.º de Educación Primaria Laura Francisco, Rita Menaia, Sara Quadrada, Rita Neves Rodrigues, Yelitza Freitas, Cecília Costa & Fernando Martins	143
<i>Gamificação no ensino de ecologia: abordagem teórico-prática com o jogo sobre o bioma pantanal</i> Gamification in ecology education: a theoretical and practical approach using a game about the pantanal biome Gamificación en la enseñanza de ecología: enfoque teórico-práctico con el juego sobre el bioma del pantanal Murilo Ferreira Andrade, Mariana Andrade Nunes, Ana Gabriella Alves Andrade, Henrique Pereira do Espírito Santo & Grazielle Santiago da Silva	161

<i>Construção de narrativas no estudo de processos oxidativos avançados e na aquisição de conhecimentos ambientais</i>	
Building narratives in the study of advanced oxidative processes and environmental knowledge acquisition	
Construcción de narrativas en el estudio de procesos oxidativos avanzados y la adquisición de conocimientos ambientales	
Caio Moralez de Figueiredo, Renata Almeida Chagas & Salete Linhares Queiroz	177

Secção 3 - Articulação entre Investigação & Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia

Section 3 - Articulation between Research and Practices in Science, Mathematics, and Technology Education

Sección 3 - Relación entre la Investigación y la Práctica en la Educación en Ciencias, Matemáticas y Tecnología

191

Trabalho experimental com smartphones: desafios, oportunidades e perspectivas para a investigação e ensino em ciências físicas

Experimental work with smartphones: challenges, opportunities and prospects for research and teaching in the physical sciences

Trabajo experimental con smartphones: dificultades, oportunidades y perspectivas para la investigación y la docencia en ciencias físicas

Elisa Saraiva, Carlos Saraiva, Albino Rafael Pinto, Marco Naia & J. Bernardino Lopes

193

Secção 4 – Livros e companhia: resenhas críticas e sugestões de integração de recursos didáticos

Section 4 – Books and more: critical reviews and suggestions for integrating teaching resources

Sección 4 – Libros y compañeros: reseñas críticas y sugerencias para integrar recursos didáticos

214

Resenha crítica de “Ciência Cidadã na Educação em Ciências” (2024) de Carla Morais

Critical review of “Ciência Cidadã na Educação em Ciências” (2024) by Carla Morais

Reseña crítica de “Ciência Cidadã na Educação em Ciências” (2024) de Carla Morais

J. Bernardino Lopes

216

Secção 5 – Tem a palavra...

Section 5 – Giving the floor to...

Sección 5 – Tiene la palabra...

220

O museu como espaço educativo e participativo em ciências – entrevista com Maria João Fonseca

The museum as an educational and participatory space in science – interview with Maria João Fonseca

El museo como espacio educativo y participativo en ciencias – entrevista con Maria João Fonseca

Maria João Fonseca & Carla Morais

222

EDITORIAL

É com satisfação que apresentamos o volume 6, número 1 da **APEduC Revista - Investigação e Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia** (ISSN: 2184-7436). É um número recheado de boas surpresas em todas as cinco secções.

A **APEduC Revista** foca-se na educação científica, matemática e tecnológica, tanto em contextos formais quanto não formais, valorizando a investigação e a prática educativa fundamentada, bem como a articulação entre ambas. A educação científica, matemática e tecnológica têm ganhado relevância na preparação de cidadãos para um futuro em constante evolução sobretudo no contexto de problemas complexos como as alterações climáticas, perda de biodiversidade, impacto da inteligência artificial, guerras em vários pontos do globo, etc.

É com agrado que vemos um crescente interesse de autores e leitores pela **APEduC Revista** espalhados por vários países do mundo.

Neste número da **APEduC Revista** consolidam-se algumas alterações editoriais relacionadas com prazos de submissão e saída das edições. É a partir deste número que a 1ª edição do ano sai em maio, mantendo a 2ª edição do ano para novembro. Os prazos para submissão dos artigos para as Secções 1 e 2 também se consolidam a partir deste número: 10 de março para a edição de maio e 10 de setembro para a edição de novembro.

A articulação entre Investigação e Prática na Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia continua a ser um pilar fundamental da **APEduC Revista**. Continuamos convictos de que: (a) investigação educacional pode informar e transformar as práticas educativas em sala de aula e em contextos não formais; (b) os

It is with satisfaction that we present volume 6, number 1 of **APEduC Journal - Research and Practices in Science, Mathematics and Technology Education** (ISSN: 2184-7436). It is a number filled with pleasant surprises across all five sections.

APEduC Journal focuses on science, mathematics, and technology education, in both formal and non-formal contexts, valuing research and substantiated educational practice, as well as the articulation between them. Science, mathematics, and technology education have gained relevance in preparing citizens for an ever-evolving future, especially in the context of complex problems such as climate change, biodiversity loss, the impact of artificial intelligence, wars in various parts of the globe, etc.

We are pleased to see a growing interest from authors and readers in **APEduC Journal**, spread across various countries around the world.

In this issue of **APEduC Journal**, some editorial changes related to submission deadlines and publication dates are consolidated. It is from this issue onwards that the 1st edition of the year will be released in May, with the 2nd edition of the year remaining in November. The deadlines for submitting articles for Sections 1 and 2 are also consolidated from this issue: March 10th for the May edition and September 10th for the November edition.

The articulation between Research and Practice in Science, Mathematics and Technology Education continues to be a fundamental pillar of **APEduC Journal**. We remain convinced that: (a) educational research can inform and transform pedagogical practices in the classroom and in non-

professores e educadores podem investigadores das suas próprias práticas; (c) é necessário e possível estabelecer pontes e colaboração entre a investigação e a prática educativa para que as descobertas da investigação cheguem efetivamente às escolas e outros espaços educativos. Exemplos desta articulação encontraremos sobretudo nas Secções 2, 3, 4 e 5 deste número, como iremos ver.

Neste número da ***APEduc Revista*** temos a colaboração fantástica de duas editoras convidadas, Apostolia Galani e Evangelia Mavrikaki, ambas da National and Kapodistrian University of Athens, Grécia. As duas atraíram investigadores da linha de investigação sobre Questões Sociocientíficas para publicarem os seus trabalhos neste número. Elas apresentam a respetiva linha de investigação e os quatro artigos, que agora se publicam, num editorial específico deste número (ver editorial específico). Estes artigos estão todos na **Secção 1**.

Na **Secção 2** deste número da ***APEduc Revista*** são publicados 6 artigos em que investigadores e educadores colaboram para relatarem e analisarem práticas educativas informadas pela investigação. Convidamos os leitores a explorar a riqueza dos artigos nesta secção:

Primeiro artigo, de Freitas et al (Portugal): Descubra como Serious Games na plataforma Hypatiamat impulsionam a aritmética mental e a compreensão da adição em alunos do 1.º ano, através de ensino exploratório. Uma leitura essencial para educadores.

Segundo artigo, de Almeida et al (Portugal): Testemunhe uma inovadora prática pedagógica no ensino superior que integra Realidade Virtual Imersiva. Explore os desafios e o potencial desta ferramenta para envolver estudantes e transformar a aprendizagem.

Terceiro artigo, de Rodrigues et al (Portugal): Aprenda como a plataforma Hypatiamat desenvolve o pensamento computacional e a literacia estatística em alunos do 4.º ano, utilizando práticas de ensino exploratório. Um artigo fundamental para a educação matemática.

formal contexts; (b) teachers and educators can be researchers of their own practices; (c) it is necessary and possible to establish bridges and collaboration between research and educational practice so that research findings effectively reach schools and other educational spaces. Examples of this articulation can be found especially in Sections 2, 3, 4 and 5 of this issue, as we will see.

In this issue of ***APEduc Journal***, we have the fantastic collaboration of two guest editors, Apostolia Galani and Evangelia Mavrikaki, both from the National and Kapodistrian University of Athens, Greece. The two attracted researchers from the research line on Socioscientific Issues to publish their work in this issue. They present their respective research line and the four articles, which are now published, in a specific editorial for this issue (see specific editorial). These articles are all in **Section 1**.

In **Section 2** of this issue of ***APEduc Journal***, 6 articles are published in which researchers and educators collaborate to report and analyse educational practices informed by research. We invite readers to explore the richness of the articles in this section:

The first article, by Freitas et al (Portugal): Discover how Serious Games on the Hypatiamat platform boost mental arithmetic and the understanding of addition in 1st-year students, through exploratory teaching. An essential reading for educators.

The second article, by Almeida et al (Portugal): Witness an innovative pedagogical practice in higher education that integrates Immersive Virtual Reality. Explore the challenges and potential of this tool to engage students and transform learning.

The third article, by Rodrigues et al (Portugal): Learn how the Hypatiamat platform develops computational thinking and statistical literacy in 4th-year students, using exploratory teaching practices. A fundamental article for mathematics education.

Quarto artigo, de Francisco et al (Portugal): Aprofunde-se numa experiência didática que fomenta o pensamento computacional em alunos do 1.º ano através de práticas de ensino exploratório, abordando conceitos de Dados e Probabilidades. Uma leitura inspiradora.

Quinto artigo, de Andrade et al (Brasil): Mergulhe na gamificação do ensino de ecologia com o jogo "Pantanal em Apuros", que aborda impactos humanos e promove a educação ambiental. Uma abordagem teórica-prática para engajar e educar.

Sexto artigo, de Figueiredo et al (Brasil): Conheça uma prática educativa inovadora em Química que utiliza a criação de narrativas em vídeo para desenvolver conhecimentos ambientais sobre processos oxidativos avançados. Um convite à sustentabilidade.

Na **Secção 3** deste número da **APeDuC Revista** é apresentado um artigo, fruto de uma mesa-redonda entre docentes e investigadores. Os docentes envolvidos têm desenvolvido uma prática educativa excepcional, consistente e prolongado no tempo que consiste no uso de tecnologia no trabalho experimental no Ensino da Física. Com base num dos seus muitos artigos publicados organizou-se a referida mesa redonda. No presente artigo revela-se como a tecnologia móvel de baixo custo (aplicação Phyphox) pode revolucionar a prática experimental no ensino de Física, promovendo aprendizagens significativas. É uma leitura essencial para quem se interessar pela articulação entre investigação e inovação educativa! Além disso, no artigo ressalta-se a importância de validar as propostas didáticas com os alunos antes da partilha com outros professores, garantindo seu rigor científico e didático. Sublinha-se a necessidade de ir além do uso da tecnologia, focando no desenvolvimento de competências para um trabalho experimental rigoroso. Finalmente, é destacada a relevância de uma agenda conjunta entre investigação e prática para promover aprendizagens mais profundas e o desenvolvimento de competências, em alunos e

The fourth article, by Francisco et al (Portugal): Delve into a didactic experience that fosters computational thinking in 1st-year students through exploratory teaching practices, addressing Data and Probability concepts. An inspiring read.

The fifth article, by Andrade et al (Brazil): Immerse yourself in the gamification of ecology teaching with the game "Pantanal em Apuros", which addresses human impacts and promotes environmental education. A theoretical-practical approach to engage and educate.

The sixth article, by Figueiredo et al (Brazil): Learn about an innovative educational practice in Chemistry that uses video narrative creation to develop environmental knowledge about advanced oxidative processes. An invitation to sustainability.

In Section 3 of this issue of **APeDuC Journal**, an article resulting from a round table discussion between teachers and researchers is presented. The teachers involved have developed an exceptional, consistent, and prolonged educational practice consisting of the use of technology in experimental work in Physics teaching. Based on one of their many published articles, the aforementioned round table was organized. The current article reveals how low-cost mobile technology (the Phyphox application) can revolutionize experimental practice in Physics teaching, promoting meaningful learning. It is an essential reading for anyone interested in the articulation between research and educational innovation! Furthermore, the article highlights the importance of validating didactic proposals with students before sharing them with other teachers, ensuring their scientific and didactic rigour. It underlines the need to go beyond the mere use of technology, focusing on the development of skills for rigorous experimental work. Finally, the relevance of a joint agenda between research and practice is emphasized to promote deeper learning and the development of skills, in students and

professores, para usar recursos digitais como ferramentas para visualizar e pensar.

Na **Secção 4** deste número da ***APEduc Revista*** apresenta-se uma revisão crítica do livro "Ciência Cidadã na Educação em Ciências" (2024), de Carla Morais. Este livro faz a primeira sistematização extensivamente fundamentada sobre ciência cidadã em Portugal. A obra traça uma agenda de investigação para a integração da ciência cidadã na Educação em Ciências, destacando lacunas e benefícios potenciais. Este livro inovador apela à leitura por parte de investigadores e educadores, enfatizando as possibilidades de articulação entre a investigação científica e as práticas educativas. Um recurso essencial para quem procura aprofundar a ciência cidadã na educação.

A **Secção 5** deste número da ***APEduc Revista*** dá o palco a Maria João Fonseca. Numa entrevista instigante Maria João Fonseca, diretora de Comunicação do Museu de História Natural e da Ciência da Universidade do Porto e Vice-Presidente da rede europeia de museus e centros de ciência, Ecsite, explora o papel vital dos museus e centros de ciência na comunicação científica e no envolvimento do público. O artigo destaca o potencial educativo desses espaços e a importância da articulação entre educação formal e não formal. A leitura desta entrevista é fundamental para educadores e investigadores, revelando o impacto dos projetos de ciência cidadã e o compromisso dessas instituições com os desafios sociais.

Agradecemos a confiança de todos os intervenientes: editores convidados, autores, revisores, membros do conselho editorial e leitores. Obrigado a todos.

Leia, divulgue e contribua, submetendo o seu trabalho, para fortalecer o impacto e a relevância da ***APEduc Revista!***

teachers, to use digital resources as tools for visualization and thinking.

In **Section 4** of this issue of ***APEduc Journal***, a critical review of the book "Ciência Cidadã na Educação em Ciências" (2024), by Carla Morais, is presented. This book provides the first extensively substantiated systematization on citizen science in Portugal. The work outlines a research agenda for the integration of citizen science into Science Education, highlighting gaps and potential benefits. This innovative book appeals to researchers and educators, emphasizing the possibilities of articulation between scientific research and educational practices. An essential resource for those seeking to deepen citizen science in education.

Section 5 of this issue of ***APEduc Journal*** gives the stage to Maria João Fonseca. In an instigating interview, Maria João Fonseca, Communication Director of the Natural History and Science Museum of the University of Porto and Vice-President of the European network of museums and science centres, Ecsite, explores the vital role of museums and science centres in scientific communication and public engagement. The article highlights the educational potential of these spaces and the importance of articulation between formal and non-formal education. Reading this interview is fundamental for educators and researchers, revealing the impact of citizen science projects and the commitment of these institutions to societal challenges.

We thank all participants for their trust: guest editors, authors, reviewers, members of the editorial board, and readers. Thank you all.

Read, disseminate, and contribute by submitting your work to strengthen the impact and relevance of ***APEduc Journal!***

J. Bernardino Lopes
Editor/Diretor

*QUESTÕES SOCIOCIENTÍFICAS NA
EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS – APROXIMAR O
CONHECIMENTO DA TRANSFORMAÇÃO
EDUCATIVA*

À medida que o mundo enfrenta desafios ambientais, tecnológicos e éticos cada vez mais intensos, a educação em ciências é chamada a fazer mais do que simplesmente transmitir conhecimento. É necessário que cultive agência, responsabilidade e disposição para agir. Neste panorama em transformação, as Questões Sociocientíficas (QSC) revelam-se poderosos pontos de entrada — ajudando os alunos a ligar o conhecimento científico aos dilemas morais, políticos e práticos que moldam as suas vidas (Sadler, 2011; Zeidler & Nichols, 2009). Os quatro artigos apresentados neste número ilustram a riqueza e complexidade da educação centrada em QSC. Apesar da diversidade de contextos e abordagens, todos convergem num propósito comum: transformar as aulas de ciências em espaços de pensamento crítico, raciocínio ético e capacitação cívica, através de uma formação docente adequada.

Um dos achados consistentes nos quatro estudos é que as QSC não são elementos acessórios, mas sim componentes essenciais para o desenvolvimento de uma literacia científica robusta — uma literacia que abrange não apenas o domínio de conteúdos, mas também o raciocínio, a avaliação de evidências e a participação democrática (Aikenhead, 2007; Roberts, 2007).

Além disso, os quatro artigos confirmam o que a investigação há muito sugere: o ensino baseado em QSC promove o pensamento de ordem superior, a investigação científica e o desenvolvimento moral (Kolstø, 2001; Zeidler et al., 2005). Talvez mais relevante ainda, mostram que estes ganhos cognitivos estão profundamente entrelaçados com

*SOCIO-SCIENTIFIC ISSUES IN SCIENCE
EDUCATION – BRIDGING KNOWLEDGE
AND EDUCATIONAL CHANGE*

As the world grapples with intensifying environmental, technological, and ethical challenges, science education is called to do more than transmit knowledge. It must cultivate agency, responsibility, and a willingness to act. In this evolving landscape, Socio-Scientific Issues (SSIs) are powerful entry points—helping students connect scientific knowledge with the moral, political, and practical dilemmas that define their lives (Sadler, 2011; Zeidler & Nichols, 2009). The four articles featured in this issue highlight the richness and complexity of SSI-based education. Despite their varied contexts and approaches, they converge on a shared purpose: transforming science classrooms into spaces of critical thinking, ethical reasoning, and civic empowerment through the proper teachers' training.

A consistent finding across the four studies is that SSIs are not optional extras but essential components for fostering a robust form of scientific literacy—one that encompasses content to include reasoning, evaluation of evidence, and democratic participation (Aikenhead, 2007; Roberts, 2007).

Moreover, all four papers affirm what research has long suggested: SSI-based instruction promotes higher-order thinking, scientific inquiry, and moral development (Kolstø, 2001; Zeidler et al., 2005). Perhaps more crucially, they show that these cognitive gains are deeply intertwined with affective and social outcomes —like student agency,

resultados afetivos e sociais — como a agência dos alunos, a empatia e o envolvimento (Barrue & Albe, 2013; Lee et al., 2013).

Apesar destas convergências, cada estudo oferece uma perspectiva única.

A revisão sistemática conduzida por Chaniotou *et al.* (2025) analisa como as alterações climáticas são ensinadas enquanto QSC; Da Silva & Reis (2025) exploram como a justiça ambiental pode desencadear o ativismo juvenil; Fili *et al.* (2025) investigam a preparação dos professores para lidar com QSC; e Torkar & Dolenc (2025) apresentam uma utilização inovadora da Literatura Científica Adaptada (APL) com alunos mais novos.

O artigo de Chaniotou *et al.* (2025) sintetiza 17 estudos e revela como os educadores abordam as alterações climáticas como uma questão profundamente interdisciplinar e carregada de valores. As estratégias identificadas são ricas e variadas, incluindo projetos STEAM, debates, ferramentas de inteligência artificial e envolvimento comunitário. Contudo, a revisão também expõe obstáculos persistentes: currículos rígidos, falta de apoio institucional e insuficiente formação docente (Hancock et al., 2019; Zeidler, 2014).

Reconhecendo que os professores são agentes centrais da mudança educativa, Fili *et al.* (2025) estudam a sua predisposição para trabalhar com QSC. A investigação, realizada com docentes em formação e em exercício na Grécia, revela uma atitude promissora, mas também receios significativos — sobretudo em relação ao domínio de conteúdos, à gestão da sala de aula e à preparação dos alunos. Muitos professores ainda favorecem modelos tradicionais centrados no docente, o que coloca um desafio à formação contínua: ir além dos métodos e apoiar os professores na construção de uma nova identidade — como facilitadores de investigação, diálogo e reflexão ética (Kilinc et al., 2017; Sadler et al., 2006).

Da Silva & Reis (2025) apresentam um caso inspirador no Brasil, onde alunos de uma comunidade marginalizada usaram a ciência para defender a justiça ambiental. O estudo demonstra

empathy, and engagement (Barrue & Albe, 2013; Lee et al., 2013).

Despite the above-mentioned commonalities, each study contributes a unique lens.

The systematic review performed by Chaniotou *et al.* (2025) delves into how climate change is taught as an SSI, Da Silva & Reis (2025) explore how environmental justice sparks youth activism; Fili *et al.* (2025) examine teachers' readiness to engage with SSIs; while Torkar & Dolenc (2025) showcase innovative use of Adapted Primary Literature (APL) with young learners.

The paper by Chaniotou *et al.* (2025) synthesizes 17 studies and reveals how educators are tackling climate change as a deeply interdisciplinary and value-laden issue. The reviewed strategies are rich and diverse, from STEAM projects and debate formats to AI tools and community engagement. However, the review also exposes persistent barriers: rigid curricula, inadequate institutional support and limited teacher training (Hancock et al., 2019; Zeidler, 2014).

As teachers hold the keys to educational change their willingness to engage with SSI has been under study by Fili *et al.* (2025) Their research with Greek pre- and in-service educators shows a promising willingness to engage with SSIs but also significant concerns — especially around content knowledge, classroom management, and student readiness. Notably, many teachers still favor traditional, teacher-centered models, which raises a challenge for professional development: to move beyond methods and help educators embrace a new identity — as facilitators of inquiry, dialogue, and ethical reflection (Kilinc et al., 2017; Sadler et al., 2006).

Da Silva & Reis (2025) present a compelling case from Brazil, where students in a marginalized community used science to advocate for environmental justice. Their

que aprender pode tornar-se uma forma de resistência, quando o conhecimento científico se alia à reflexão emocional, cultural e política (Bencze et al., 2012; Reis, 2014). Os estudantes não se limitaram a aprender sobre injustiça — enfrentaram-na. Este trabalho mostra com clareza como a educação em ciências, quando bem realizada, pode formar cidadãos informados, críticos e empoderados (Evagorou et al., 2020).

Por fim, Torkar & Dolenc (2025) introduzem uma ferramenta inovadora: a Literatura Científica Adaptada (APL). Utilizada com alunos mais novos, na Eslovênia, para explorar a poluição luminosa, a APL ajudou os estudantes a envolverem-se profundamente com práticas e textos científicos reais — fomentando não apenas o conhecimento, mas também a curiosidade e a confiança na sua capacidade de aprender ciência (Norris & Phillips, 2003; Yarden et al., 2016). Os resultados sugerem que mesmo os alunos mais jovens podem beneficiar de materiais científicos autênticos, quando bem selecionados e pedagogicamente adaptados (Brill et al., 2004; Zer-Kavod, 2017).

Estes estudos oferecem não só contributos empíricos, mas também orientações estratégicas. Em conjunto, sublinham a necessidade de:

- Integrar as QSC no cerne dos currículos de ciências;
- Investir na formação contínua dos professores, abordando não apenas os conteúdos, mas também as dimensões éticas e emocionais do ensino;
- Promover pedagogias centradas no aluno e baseadas na investigação;
- Expandir o acesso a ferramentas como a APL, que tornam a ciência real acessível e significativa.

No coração destas recomendações está uma convicção fundamental: a educação científica não é neutra em valores — nem o deveria ser. Como Zeidler (2014) nos recorda, trabalhar com QSC exige lidar com incertezas, controvérsias e valores — precisamente o terreno onde a educação é mais necessária. A integração das QSC não é apenas oportuna — é indispensável. Desde as alterações climáticas à biotecnologia, os nossos estudantes

study demonstrates that learning becomes a form of resistance when scientific understanding is paired with emotional, cultural, and political reflection (Bencze et al., 2012; Reis, 2014). Students did not just learn about injustice—they challenged it. This work powerfully illustrates how science education, when done right, can help students become informed, critical, and empowered citizens (Evagorou et al., 2020).

Finally, Torkar & Dolenc (2025) introduce a refreshing tool: Adapted Primary Literature (APL). Used with younger students in Slovenia to explore light pollution, APL helped learners engage deeply with real scientific practices and texts—building not just knowledge but scientific curiosity and confidence (Norris & Phillips, 2003; Yarden et al., 2016). Their findings suggest that even young learners can benefit from authentic scientific materials when thoughtfully selected and pedagogically grounded (Brill et al., 2004; Zer-Kavod, 2017).

These studies provide not only empirical insights but also strategic guidance. Taken together, they collectively underscore the need for:

- Embedding SSIs at the core of science curricula.
- Investing in professional development that addresses not just content but the ethical and emotional dimensions of teaching.
- Promoting inquiry-based, student-centered pedagogies.
- Expanding access to tools like APL that make real science accessible and meaningful.

A fundamental belief is at the heart of these recommendations: science education is not value-neutral and should not be. As Zeidler (2014) reminds us, navigating SSIs requires grappling with uncertainty, controversy, and values — precisely the terrain where education matters most. The integration of SSIs is not just timely—it is essential. From climate change to biotechnology, our students inherit a world of urgent decisions. Our job is to prepare them to

herdam um mundo repleto de decisões urgentes. Cabe-nos prepará-los para compreender a ciência e usá-la de forma ética, crítica e solidária.

As salas de aula de ciências, portanto, não são espaços neutros. São campos de formação para a cidadania ativa. Os professores não são meros transmissores de factos — são mentores na complexidade. E os estudantes? Não são apenas aprendizes. São os agentes de mudança de amanhã.

A mensagem é clara: se queremos que a educação científica prepare os alunos para cuidar do planeta, então os nossos sistemas devem ser reestruturados para apoiar esse objetivo.

Referências/References:

Aikenhead, G. S. (2007). Humanistic perspectives in the science curriculum. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 881–910). Lawrence Erlbaum.

Barrue, C., & Albe, V. (2013). Socially acute questions: A means to develop students' involvement in socioscientific issues. *Journal of Biological Education*, 47(3), 149–158.

Bencze, J. L., Sperling, E. R., & Carter, L. (2012). Students' research-informed socio-scientific activism. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 12(1), 62–85.

Brill, G., Falk, H., & Yarden, A. (2004). The learning environment of scientific communication in high school: Introduction of scientific articles. *Research in Science Education*, 34(2), 245–268.

Chaniotou, Z., Bardi, C., & Georgiou, M. (2025). Climate change as a socio-scientific issue in science education- A systematic review. *APeDuC Journal*, 6(1), 73-85.

Da Silva, E.M. & Reis, P.G.R. (2025). Letramento científico voltado ao ativismo contextos e processos indutivos à construção de elementos políticos. *APeDuC Journal*, 6(1), 17-40.

understand science and use it ethically, critically, and compassionately.

Science classrooms, then, are not neutral grounds. They are training grounds for active citizenship. Teachers are not mere transmitters of facts—they are mentors in complexity. And students? They are not just learners. They are the changemakers of tomorrow. The message is clear—if we want science education to prepare students for planetary stewardship, then our systems must be restructured to support that goal.

Evagorou, M., Nielsen, J. A., & Dillon, J. (2020). Science communication in education: Modes, practices, and perspectives. In J. Dillon, M. Evagorou, & J. A. Nielsen (Eds.), *Science communication in a digital world* (pp. 117–133). Springer.

Fili, S., Alexiou, E., Danaktsis, K., Michaelidou, K., & Kapsala, N. (2025). A case study on the self-efficacy of pre-service and in-service greek teachers regarding teaching through the use of socio-scientific issues. *APeDuC Journal*, 6(1), 41-58.

Hancock, J., Friedrichsen, P., & Kinslow, A. (2019). Climate change education in the United States: Limits and possibilities. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(1), 1–14.

Kilinc, A., Demiral, U., Kartal, C., & Eroglu, B. (2017). Preservice science teachers' emotions about socioscientific issues: A cross-sectional study. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(4), 683–705.

Kolstø, S. D. (2001). Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socio-scientific issues. *Science Education*, 85(3), 291–310.

Lee, H., Chang, H., Choi, K., Kim, S. W., & Zeidler, D. L. (2013). Developing character and values for global citizens: Analysis of pre-service science teachers' moral reasoning on socio-scientific issues. *International Journal of Science Education*, 35(10), 1739–1762.

Norris, S. P., & Phillips, L. M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87(2), 224–240.

Reis, P. (2014). Promoting students' collective socio-political action through socio-scientific issues. *International Journal of Science Education*, 36(12), 2035–2057.

Roberts, D. A. (2007). Scientific literacy/science literacy. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 729–780). Lawrence Erlbaum.

Sadler, T. D. (2011). Socio-scientific issues-based education: What we know about science education in the context of SSI. In T. D. Sadler (Ed.), *Socio-scientific issues in the classroom: Teaching, learning and research* (pp. 355–369). Springer.

Sadler, T. D., Amirshokohi, A., Kazempour, M., & Allspaw, K. M. (2006). Socioscience and ethics in science classrooms: Teachers' perspectives and strategies. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 353–376.

Torkar, G. & Dolenc, A. (2025). Using adapted primary literature to introduce students to socioscientific issues: a case of light pollution and biodiversity. *APeDuC Journal*, 6 (1), 59-72.

Yarden, A., Brill, G., & Falk, H. (2016). Adapted primary literature as a context for introducing high school students to the culture of science. *Research in Science Education*, 46(4), 705–728.

Zeidler, D. L. (2014). Socioscientific issues as a curriculum emphasis: Theory, research and practice. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education* (Vol. II) (pp. 697–726). Routledge.

Zeidler, D. L., & Nichols, B. H. (2009). Socioscientific issues: Theory and practice. *Journal of Elementary Science Education*, 21(2), 49–58.

Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357–377.

Zer-Kavod, E. (2017). Scientific reading and writing in junior high school: The use of adapted primary literature. *Teaching Science*, 63(2), 22–30.

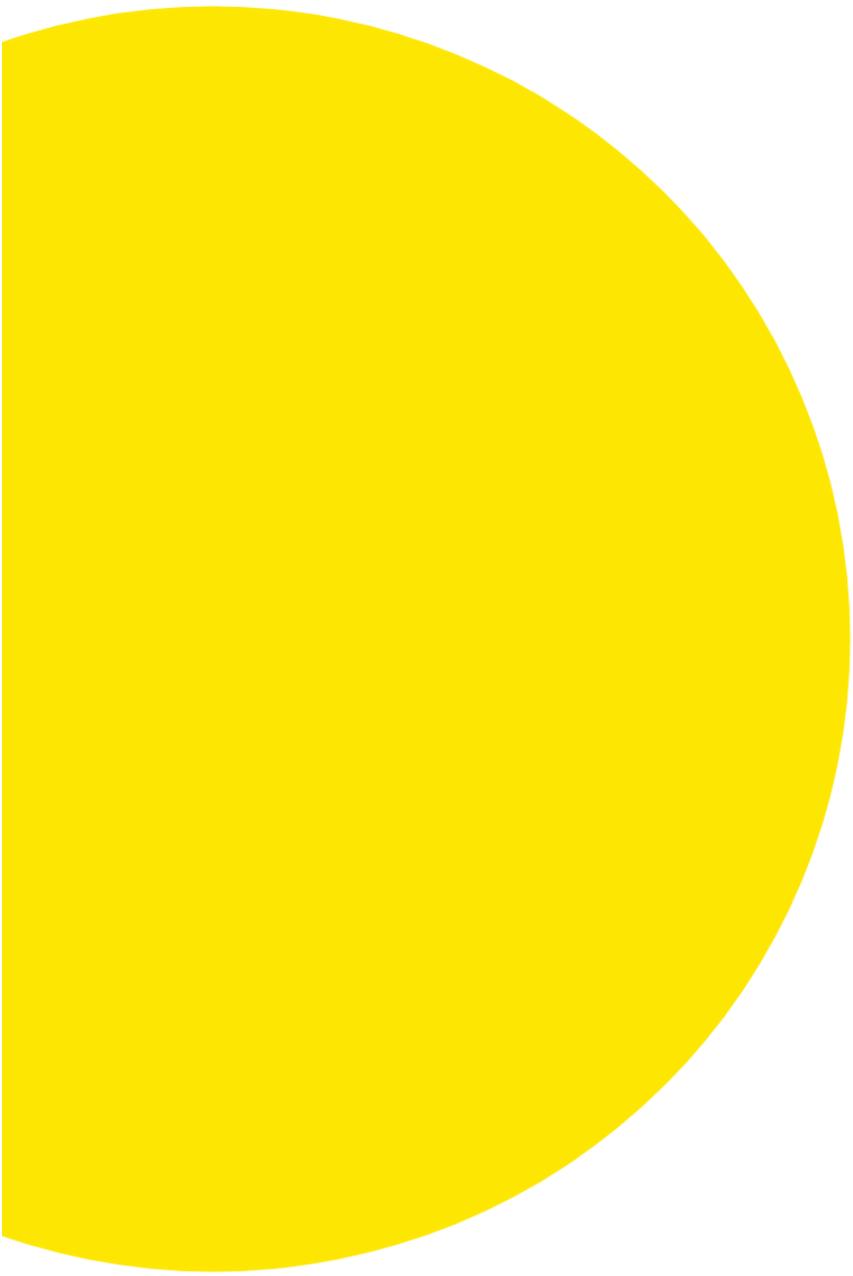
Apostolia Galani^{1,2} & Evangelia Mavrikaki^{1,3}

Editoras convidadas/Guest Editors

¹ National and Kapodistrian University of Athens, Greece

² ligalani@primedu.uoa.gr

³ emavrikaki@primedu.uoa.gr



INVESTIGAÇÃO EM
EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS,
MATEMÁTICA E TECNOLOGIA

S1

—

RESEARCH IN SCIENCE,
MATHEMATICS AND
TECHNOLOGY EDUCATION

S1

Nesta secção serão apresentados estudos empíricos ou teóricos em/sobre contextos formais ou não formais de Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia.

In this section will be presented empirical or theoretical research in/about formal or non-formal contexts of Science, Mathematics and Technology Education.

En esta sección se presentarán estudios empíricos o teóricos en/acerca de contextos formales o no formales de Educación en Ciencias, Matemáticas y Tecnología.

**LETRAMENTO CIENTÍFICO VOLTADO AO ATIVISMO: CONTEXTOS E PROCESSOS
INDUTIVOS À CONSTRUÇÃO DE ELEMENTOS POLÍTICOS**

ACTIVISM-ORIENTED SCIENTIFIC LITERACY: CONTEXTS AND INDUCTIVE PROCESSES FOR
BUILDING POLITICAL ELEMENTS

ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA ORIENTADA AL ACTIVISMO: CONTEXTOS E PROCESOS DE
INDUCCIÓN DE ELEMENTOS POLÍTICOS

Edgar Miranda da Silva¹ & Pedro Guilherme Rocha dos Reis²

¹Colégio Pedro II (CPII), Brasil

²Universidade de Lisboa, Portugal

edgar.miranda620@gmail.com, preis@ie.ulisboa.pt

RESUMO | A pesquisa buscou compreender os processos de indução formulados por professores e a manifestação do ativismo de alunos em contextos de Letramento Científico Crítico voltados à discussão socioambiental, destacando possibilidades de operacionalização de elementos políticos e do ativismo no âmbito de uma iniciativa de ensino de ciências desenvolvida por professores e estudantes, integrantes de uma Comunidade de Prática (CoP). A pesquisa caracterizou-se como um estudo de caso e o desenho da investigação orientou-se por elementos da pesquisa-ação desenvolvida em três etapas: planejamento, implementação e avaliação. A análise dos atos de fala nos contextos propostos apontou a manifestação de elementos como o empoderamento e a agência, considerados indissociáveis e necessários a ações de ativismo político, pois podem incidir na ativação da capacidade de ação discursiva e cooperativa nas arenas públicas. Além disso, foi percebida a ampliação das categorias de interpretação e representação da realidade de professores e estudantes, adensando a visão do mundo.

PALAVRAS-CHAVE: Letramento Científico Crítico, Ativismo, Contextos.

ABSTRACT | This study explored the inductive processes formulated by teachers and the expression of student activism within contexts of Critical Scientific Literacy addressing socio-environmental issues. Special attention was given to how political elements and activism can be effectively integrated into science education practices by both teachers and students participating in a Community of Practice (CoP). Designed as a case study, the research followed an action-research approach structured in three phases: planning, implementation, and evaluation. The analysis of speech acts in the proposed contexts highlighted empowerment and agency as intertwined and essential dimensions of political activism, as they foster discursive and cooperative engagement in public spheres. Furthermore, the study identified an expansion in the categories of interpretation and representation of reality among both teachers and students, thereby deepening their understanding of reality.

KEYWORDS: Critical Scientific Literacy, Activism, Contexts.

RESUMEN | La investigación buscó comprender los procesos de inducción formulados por los docentes y manifestación del activismo de alumnos en contextos de Alfabetización Científica Crítica vueltos a la discusión socioambiental, intentando identificar posibilidades de operacionalización de elementos políticos y del activismo en el ámbito de una iniciativa de enseñanza de ciencias desarrollada por profesores y estudiantes, integrantes de una Comunidad de Prácticas (CoP). La investigación se caracterizó como un estudio de casos y el diseño de la investigación se orientó por elementos de la investigación-acción, desarrollada en tres etapas: planificación; implementación; y evaluación. El análisis de los actos de habla en los contextos propuestos señaló la manifestación de elementos como el empoderamiento y la agencia, considerados inseparables y necesarios a acciones de activismo político, pues pueden incidir en la activación de la capacidad de acción discursiva y cooperativa en las arenas públicas. Además, se observó la ampliación de las categorías de interpretación y representación de la realidad de profesores y estudiantes, densificando la visión de la realidad.

PALABRAS CLAVE: Alfabetización Científica crítica, Activismo, Contextos.

1. INTRODUÇÃO

Na conjuntura atual – marcada por dilemas sociais, políticos, morais, éticos e, sobretudo, pela crise ambiental, cujas causas envolvem fatores complexos, de natureza multiescalar (biológicas, geomorfológicas, hídricas, atmosféricas etc.) e multidimensional (sociais, políticas, culturais e econômicas) – é exigida da educação científica uma postura crítica e política, que ofereça aos sujeitos a possibilidade de perceber as intrincadas relações dessa realidade.

Nessa perspectiva, o Letramento Científico Crítico (LCC) (Hodson, 2011) desponta como horizonte e estratégia potencial da Educação Científica para conscientização e enfrentamento dos problemas socioambientais. Com base em Hodson (2011), compreendemos que essa proposta compromete-se com a lógica e rigorosidade analítica da realidade, evidenciando (i) as relações de exploração/dominação da sociedade e (ii) as contradições sociais do sistema econômico, possibilitando a (iii) ressignificação do conhecimento, e a (iv) educação para a cidadania ativa, formando aptidões para a tomada de decisões em sociedade e para a transformação social.

Entende-se que essa proposta articula aspectos voltados ao ativismo, entendido como um componente político e formativo de disposições e competências críticas (Reis, 2021; Linhares & Reis, 2023). Nessa interface política com o Letramento Científico (LC), o ativismo se estruturaria e se caracterizaria a partir de elementos como (i) empoderamento, (ii) agência, (iii) participação e (iv) envolvimento cívico.

Contudo, contemplar tais dimensões na educação científica torna-se um desafio, pois consistem em dimensões macrossociais, necessitando de processos didático-pedagógicos para constituir-se como consciência interpessoal e serem apropriadas local e individualmente. Isso envolve a constituição de novos contextos de ensino-aprendizagem, nos quais professores e estudantes possam compor uma base de conhecimentos que subsidie sua atuação na promoção dos conhecimentos científicos e na indução de valores, princípios éticos e disposições ao ativismo (Miranda, Vilanova & Drago, 2023).

Diante dessa problemática, o estudo assumiu como objetivo compreender os processos de indução formulados por professores e a manifestação do ativismo de alunos em contextos de LCC voltados à discussão socioambiental, destacando possibilidades desses contextos de operacionalizar elementos políticos e do ativismo.

Para isso, foi adotado como contexto de pesquisa uma iniciativa docente de ensino de ciências intitulada “Programa de Iniciação Científica Mirim” desenvolvida por professores e estudantes de um colégio federal do Rio de Janeiro, Brasil, em parceria com instituições de pesquisa científica que configuram uma Comunidade de Prática (CoP), a qual buscava a conscientização dos sujeitos sobre a importância das abelhas para o ambiente e as consequências da poluição ambiental por agrotóxicos, sobretudo para os meliponíneos¹. Considerando o contexto como condicionante do LC, reconheceu-se como objetivos específicos nesse espaço (i) caracterizar os processos de construção da cognição social pela CoP e (ii) compreender as formas de manifestação de elementos políticos, enquanto efeitos do contexto de indução nos estudantes.

¹ Grupo de abelhas com ferrão atrofiado. São manejadas desde a antiguidade pelos povos indígenas brasileiros, os quais lhe atribuíram seus cognomes utilizados ainda hoje, como jataí, mandaçaia, urucu, entre outros.

2. CONTEXTOS DO LETRAMENTO CIENTÍFICO E DO ATIVISMO

Na educação científica, é consenso que o LC atingiu *status* de horizonte da área e se complexificou conceitualmente (Kilag et al., 2024; Istyadji & Sauqina, 2021; Valladares, 2021; Rudolph, 2023; Zidny et al., 2020). Da mesma forma, há também concordância da necessidade de as pesquisas focarem no desenvolvimento de instrumentos que levem o contexto como condicionante dos critérios almejados (Istyadji & Sauqina, 2021). Nessa perspectiva, o contexto vem sendo tomado como um fator categórico na orientação do LC e na determinação de seus elementos constitutivos (Street, 2003, 2020). De acordo com Street (2003, p. 77), o letramento relaciona-se e tem representação nos “princípios epistemológicos construídos socialmente”, estando determinado por perspectivas de conhecimento, identidade, ser, e às práticas sociais e aos contextos específicos.

Nessa premissa, haveria diversas formas e possibilidades de ser letrado cientificamente (Deboer, 2000), já que os condicionantes contextuais, macro e micro sociais estabeleceriam as competências e capacidades relacionadas à formação dos sujeitos, dado que os sentidos atribuídos à função social do LC nos contextos históricos, sociais, econômicos, políticos, culturais e educacionais condicionam as possibilidades de leitura e expressão dos sujeitos segundo suas condições objetivas e subjetivas (Martins, 2008).

Nesse sentido, a polissemia do termo é tomada como constatação desse dado, ressaltando-se a existência de diferentes entendimentos sobre o LC, os quais foram sistematizados por Roberts (2007) como Visão I e Visão II. A primeira é centrada no cânone ortodoxo das ciências da natureza, focando na transmissão dos produtos e processos da própria ciência e no conhecimento para o desenvolvimento de habilidades em relação à atividade científica. Enquanto na Visão II, as ações buscam a formação do pensamento crítico a partir da promoção de conhecimentos, habilidades e valores relacionados à função social da atividade científica, voltada sobretudo para o desenvolvimento político-democrático dos indivíduos. Recentemente, tem sido proposta uma Visão III (Zidny et al., 2020; Kilag et al., 2024) que destaca diferentes formas e dimensões do LC, incluindo outros sistemas de conhecimento. No caso, seriam reconhecidas diferentes visões de mundo para a construção de uma perspectiva “sócio-política-filosófica da educação científica visando à emancipação dialógica, à cidadania global crítica e à socio-ecojustiça” (Zidny et al., 2020, p. 169). Isso implicaria, por exemplo, na integração de conhecimentos locais, como os indígenas, ao currículo de ciências, em um processo diatópico² em que os diferentes pontos de vista se complementariam, constituindo habilidades e competências para resolução de problemas socioambientais.

Considerando essas contribuições da área, entende-se que seriam criadas aprendizagens científicas com relevância intercultural e para a vida em sociedade, a partir de experiências autênticas, envolvendo as diferentes visões histórico-culturais dos estudantes. Não caberia nessa linha de pensamento propostas homogêneas que estabelecem critérios de letramento (OCDE) como universais, tais como o proposto pelo Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA, 2000; 2003; 2006). Isso porque, os instrumentos de avaliação deveriam levar em consideração o contexto, assumindo-o como (i) dimensão da realidade a qual fornece elementos interpretativos e de significação às ações e discursos (Street, 2020); e como (ii)

² Baseia-se na ideia de incompletude de uma dada cultura, que pode ser ampliada a partir do contato e troca com outras culturas, tendo os *topoi* como lugares retóricos comuns a elas (Santos, 2006).

constructos ou “modelos mentais³” pelos quais pode-se interpretar as situações, realizar abstrações de nível micro e macro em momentos comunicativos e processar informações, discursos e outras atividades sociocognitivas (Van Dijk, 2020). Isso conferiria sentido às diferentes e multifacetadas ferramentas que tentam captar o LC dos sujeitos. A revisão sistemática de Istyadji e Sauqina (2021), destaca o empenho das pesquisas em estabelecer quadros teóricos que possam ser utilizados para mensurar o LC, adotando a sistemática de avaliações em larga escala como as propostas do *Pan Canadian Assessment Program 2013 (P-CAP 2013)*, *Standard Observed Learning Outcomes (SOLO) Taxonomy*, *Scientific Literacy Survey for College Preparedness in STEM (SLSCP-STM)*, *Assessment of Civic Scientific Literacy (ACSEL)*, *Science for All America (SFAA)* e o PISA. Entretanto, essas exaustivas revisões recaem em conceituações e parâmetros não unívocos (Norris & Phillips, 2003), que redimensionam os sentidos, interferindo ou mesmo alterando as análises empreendidas.

Isso torna-se premente para as demandas atuais de LCC, que envolvem os eventos globais de mudança climática, crises ecológicas e suas implicações na geração de iniquidades e injustiças socioambientais (Bazzul et al., 2019), em que se defende a formação dos sujeitos para o ativismo e a transformação social, tendo a reflexão e a análise crítica dos atravessamentos éticos, políticos, econômicos e sociais da Ciência e da Tecnologia como principal estratégia pedagógica. Entendemos que nesse empreendimento pressupõe-se a constituição de uma representação cognitiva ampla e complexa das situações e eventos tomados como estudo; condição que passa pela ampliação das categorias de interpretação e representação utilizadas pelos sujeitos, pois quanto mais limitado é o seu número, mais limitadas serão as estruturas de redes, conexões e forças dessas conexões, gerando também uma limitada e superficial percepção da realidade (Van Dijk, 2020).

Nesse sentido, torna-se necessário o deslocamento epistemológico da educação científica, ampliando as categorias que operam o processamento da realidade pelos sujeitos com a socialização de novos conhecimentos e experiências nos contextos de sala de aula.

Nessa direção, Hodson (2011) sugere um currículo em ciências baseado em conhecimentos sobre (i) a natureza científica: conhecimentos da história, filosofia e sociologia da ciência; (ii) a política: temáticas relacionadas às questões econômicas, políticas e sociais, às condições e estruturas; e (iii) o ativismo: envolvimento em movimentos e reivindicações individuais e coletivas, por meio das quais obtenha-se competências e uma base para ação.

Essa proposta carrega uma outra “cognição social⁴” (Van Dijk, 2020), orientada por princípios e valores que exigem do LC a indução de conhecimentos científicos, sentimentos e comportamentos que mobilizem ações sociopolíticas. Ou seja, compreendemos que a formação para o ativismo passaria pela mudança dos modelos mentais dos sujeitos relacionados a dimensões subjetivas como (i) empoderamento, (ii) agência, (iii) participação e (iv) envolvimento cívico, tendo os conhecimentos científicos como elementos de fundamentação da ação sociopolítica, compreendida como esforços e ações individuais ou coletivas organizadas para promover mudanças sociais, políticas, econômicas ou ambientais, por meio da conscientização

³ De acordo com Van Dijk (2020, p. 94), “os modelos mentais são representações cognitivas de nossas experiências”, os quais se utilizam de categorias ou esquemas de categorias para processar os eventos.

⁴ De acordo com Van Dijk (2020, p. 36), são consideradas cognições sociais “conhecimentos, atitudes, ideologias, gramática, regras, normas e valores” compartilhados em uma comunidade discursiva.

ou pressões políticas para a transformação de realidades injustas e desiguais sócioambientalmente (Hodson, 2021). Tomados como quadro interpretativo, esses elementos teriam as seguintes características:

Quadro 1 – Elementos políticos e suas características

Elemento	Características
Empoderamento	Capacidade dos indivíduos ou grupos fazerem ou participarem de alguma coisa, um pré-requisito à ação responsável dos sujeitos (Reis, 2021; Linhares & Reis, 2023). Envolve um estado de consciência crítica (Silva et al., 2022; Castro, 2021; Pereira & Silva, 2023) e de autoconfiança (Castro, 2021) com foco na tomada de decisão, emancipação e exercício da cidadania. Dar-se-ia pela ativação psicológica e sociopolítica da potencialidade criativa dos sujeitos e de suas capacidades, representada pela tomada de consciência do “poder” de enxergar brechas e possibilidades de transformação das relações sociais de dominação (Freitas et al., 2023).
Agência	Está relacionada à competência dos sujeitos de “refletir e tomar decisões” (Reis, 2021). Refere-se ao (auto)reconhecimento da capacidade de agir, expresso pela percepção individual ou coletiva de sua autoeficácia (Voelkel, 2024). Sua consecução passaria por um processo cognitivo de autoavaliação e autorreflexão que induziria motivações e valores, mobilizando, por sua vez, comportamentos e ações voltados à transformação social.
Participação	Pretende-se que os sujeitos façam e tomem parte da sociedade, se apropriando do espaço sociopolítico para atuar, visando a transformação da realidade, democratizando-a e ampliando a participação dos cidadãos nos processos decisórios. Destaca que a participação dos sujeitos promoveria o desenvolvimento social em direção à justiça socioambiental, com mudanças nas estruturas sociais, políticas e econômicas (Hodson, 2011). Nessa premissa, a participação guarda relação com a tomada de decisão, fundamentada no modo racional e informado de escolha (Kurup et al., 2021).
Envolvimento cívico	Relaciona-se diretamente com a cidadania, ao serem induzidas capacidades substanciais ao exercício cidadão e vida social em sua plenitude, tais como a compreensão do funcionamento do sistema social e habilidades e capacidades pessoais e coletivas para a participação e tomada de decisão em áreas de importância sociocientífica e socioambientais (Hodson, 2011). Busca-se a formação de cidadãos engajados sociopoliticamente que, orientados pelo ativismo, participariam criticamente, contribuindo para a justiça socioambiental (Barue & Albe, 2013, p. 1094).

De acordo com Reis (2021), esses elementos políticos na educação científica voltada à ação sociopolítica apresentam impactos positivos para os estudantes como (a) o conhecimento de questões sociocientíficas e socioambientais; (b) conhecimento sobre a natureza da ciência; (c) competências para cidadania e conseqüentemente; (d) para o bem-estar individual e coletivo; (e) habilidades comunicativas-argumentativas para ações específicas; (f) habilidades de investigação científica para identificação de problemas, causas e soluções de problemas; (g) pensamento crítico desenvolvido por meio da resolução de problemas complexos (h) criatividade; (i) perseverança; e (j) empoderamento.

Entretanto, esse empreendimento impõe desafios significativos à educação científica, que tem mobilizado diversas pesquisas ao longo dos últimos vinte anos (Reis, 2021), as quais apresentam contribuições para a compreensão dos processos de integração e contextualização curricular dos temas do ativismo (Bencze, 2019; Hodson, 2021) e com a indicação de projetos de mobilização da ação política de estudantes que destacam a possibilidade do ativismo juvenil e

forneem ideias de implementaçaõ. Contudo, essas investigaçaões tambem apontam desafios que persistem para operacionalizaçaõ do ativismo, a saber: (a) complexidade dos assuntos, de natureza multifacetada, que envolvem naõ sõ o conhecimento cientõfico, mas dimensões polõticas, econõmicas e sociais muitas vezes marginalizadas pelos currõculos escolares, dificultando a compreensãõ dos estudantes por naõ terem contato com esses conhecimentos e, por sua vez, desencorajando professores a promoverem essas discussões em sala (Lester, Lee & Lambert, 2007; Bencze, 2019; Reis, 2021; Levy et al., 2021; Valadares, 2021); (b) currõculos engessados, mantidos em uma perspectiva ortodoxa em que raramente elementos e competẽncias para o ativismo sãõ contemplados, inviabilizando espaços de exercõcio da açãõ sociopolõtica, mesmo de forma simulada e; a (iii) traduçaõ do conhecimento em açãõ, jã que hã uma limitaçaõ nas pesquisas em compreender como os estudantes traduzem os conhecimentos adquiridos em ações concretas fora da sala de aula ou diante de situaçaões sociais reais (Lester et al., 2007; Bencze, 2019; Reis, 2021; Levy et al., 2021; Valadares, 2021). Isso envolveria tambem conhecer as formas de manifestaçaõ dos elementos polõticos do ativismo, jã que se compreende que a transiçaõ da conscientizaçaõ para a açãõ prãtica requer naõ sõ conhecimento, mas motivaçaões e oportunidades para agir (Lester et al., 2007).

Esses dados direcionam novas pesquisas sobre a construçaõ de contextos pedagõgicos como forma de traduçaõ do processo de LC voltado ao ativismo e sobre como esses elementos polõticos sãõ manifestados na prãtica; e tambem justificam a presente pesquisa, à medida em que se busca caracterizar os processos de construçaõ da cogniçaõ social pela CoP, destacando as formas de induçaõ dos elementos polõticos do LCC. Ainda, por tentar compreender as formas de manifestaçaõ desses elementos polõticos, enquanto efeitos do contexto de induçaõ nos estudantes, contribuindo para entendermos as formas concretas de expressãõ do ativismo e dos seus elementos polõticos.

3. PERSPECTIVA METODOLõGICA

Os objetivos da pesquisa requereram a associaçaõ das situaçaões macrossociais que o LC voltado ao ativismo envolve e a singularidade de cada situaçaõ comunicativa proposta pelo projeto. Essa interface foi estabelecida pela compreensãõ do discurso como um elemento da vida social articulado dialeticamente com outras camadas da sociedade (Van Dijk, 2020). O discurso seria um modo de açãõ dos sujeitos sobre as estruturas sociais (Van Dijk, 2020) pelo qual poderõamos caracterizar a cogniçaõ social elaborada pela CoP, ressaltando o processo de articulaçaõ dos elementos polõticos do LCC e identificar os efeitos dos contextos de LC e o posicionamento dos sujeitos frente à realidade.

Entretanto, a identificaçaõ desses elementos passa pelo reconhecimento das representaçaões ou definiçaões mentais expressas em situaçaões de interaçaõ ou comunicaçaõ social que orientam a produçaõ dos discursos e as disposiçaões dos sujeitos nos eventos sociais (Van Dijk, 2020). Haveria, nesse caso, a necessidade de compreendermos os contextos, jã que estes controlam a produçaõ e a interpretaçaõ do discurso, induzindo o estilo e a adequaçaõ dos enunciados, sendo os textos e falas seus produtos; perceptõveis nos eventos comunicativos pela apropriaçaõ que os sujeitos fazem das categorias bãasicas da situaçaõ social (o tempo, os lugares, os participantes, a causalidade, o nõvel, a saliẽncia, a relevãncia, entre outras) expressos em seus enunciados (Van Dijk, 2020). Nesse pensamento, buscamos (i) caracterizar os processos de construçaõ da cogniçaõ social pela CoP e (ii) compreender as formas de manifestaçaõ desses

elementos políticos, enquanto efeitos do contexto de indução nos estudantes. Antes caracterizamos, a seguir, o âmbito em que se deu a pesquisa.

3.1 Contexto Empírico

Como dito, a pesquisa assumiu o “Programa de Iniciação Científica Mirim” como âmbito de investigação por seus objetivos de ação demonstrarem afinidade com as propostas do LCC, a saber: (i) estimular o interesse nos alunos pelo debate crítico científico e do domínio dos conhecimentos para o exercício ativo da cidadania e (ii) pensar e implementar contextos favoráveis ao desenvolvimento das atividades científicas críticas. A iniciativa foi desenvolvida por uma CoP, cuja definição é dada por seu domínio específico (Wenger, 2016) para o qual os objetivos e interesses do grupo se direcionam, conformando seu vínculo, identificação e formação social. À vista disso, foi constituída uma parceria interinstitucional tendo uma escola federal do Rio de Janeiro, Brasil, como campo de ação, no propósito de promover o LCC por meio do debate de questões socioambientais e sociocientíficas desde a tenra idade.

A CoP foi composta por oito professores (P)⁵ que atuam com crianças de 7 a 12 anos de idade, dois pesquisadores da área de Ensino de Ciências (EC), duas ecólogas (E), um biólogo (B), oito licenciandos de biologia e nutrição (L) e cinco estudantes de um curso técnico em meio ambiente (EA) com idades entre os 16 e 17 anos. A constituição do grupo partiu do interesse comum em desenvolver discussões e ações para o enfrentamento dos problemas socioambientais desde a tenra idade. Nesse sentido, as propostas tinham como público-alvo 50 estudantes de 9 a 11 anos de idade, cujas professoras eram integrantes da CoP.

Partindo da proposta curricular da escola, foi acordado como tema de trabalho os impactos socioambientais da forma hegemônica de produção, industrialização e destinação de alimentos na sociedade, tendo foco, em nossa investigação, as ações e discussões sobre a redução e o extermínio das populações de abelhas, sobretudo, dos meliponíneos, provocados pelo uso indiscriminado de agrotóxico.

3.2 Procedimentos da Pesquisa

Pelas características da pesquisa, a reconhecemos como um estudo de caso, uma vez que entendemos que o estudo do fenômeno abordado depende das condições contextuais, tornando-o idiossincrático ou um caso específico (Yin, 2015). Já o desenho da investigação orientou-se por elementos da pesquisa-ação (Tripp, 2005), assumindo três etapas, a saber: (i) planejamento, (ii) implementação e (iii) avaliação.

- (i) Planejamento: caracterizado pelo reconhecimento/reflexão conjunta da realidade e pelo planejamento coletivo da CoP para resolução da situação-problema. No caso, foram realizados 30 (trinta) encontros quinzenais de planejamento, de agosto de 2022 a março de 2024, com duração média de 40 minutos cada. Buscando a liberdade criativa do grupo, a *brainstorming* foi assumida como dinâmica usual para definição do problema, geração de ideias, registro e melhoria das propostas. As reuniões buscaram, predominantemente,

⁵ Realizamos a codificação dos participantes para respeitar o anonimato da identidade e organizar os atos de fala.

- estabelecer os aspectos da temática a serem trabalhados e seu desdobramento em práticas pedagógicas que atuassem como processo de indução do LCC (ver Apêndice 1, Quadro detalhado dos encontros);
- (ii) Implementação: é considerada a ação propriamente dita, com a execução das atividades planejadas. Nesse sentido, foram realizados 40 encontros quinzenais de 1 hora e 20 minutos cada, de aplicação das propostas com estudantes menores, dentro do turno de aulas deles. A dinâmica variava com aulas expositivas dialogadas, diagnóstico ambiental, rodas de conversa, jogos, visitas, experimentações e construção de áreas verdes para forrageamento das abelhas (ver Apêndice 2, Quadro detalhado das atividades); e
 - (iii) Avaliação: consistiu em um processo transversal a todos os momentos da pesquisa, que produziu, em movimento de síntese, a indicação de possibilidades de reconstrução de práticas para mobilizarem elementos políticos voltados ao ativismo em contextos de LC.

A geração de dados se deu com a gravação dos contextos comunicativos referentes às reuniões de planejamento e às ações executadas com os estudantes, a qual foi autorizada por meio da assinatura de Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) dos professores e das crianças com a concordância dos seus responsáveis legais. O TCLE foi julgado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, que apreciou também os aspectos éticos da pesquisa⁶. As gravações foram transcritas e organizadas em parágrafos que representavam a fala de cada um dos participantes da interação discursiva. Essas transcrições, junto aos materiais produzidos pela CoP (planos de ação, atas de encontros, atividades e materiais didáticos elaborados para os estudantes), foram tomadas como *corpus* de análise, no qual foram identificados os atos de fala, sendo os excertos que os continham codificados (ex. [001], [002], [003] etc.), indicando a ordem de aparição e ocorrência (ver apêndice 3), sistema também utilizado para organizar as discussões do presente texto.

A análise dos dados gerados assumiu a fala ou discurso como formas de ação na realidade (Searle, 2023; Fiorin, 2023). Conseqüentemente, utilizamos os atos de fala (Searle, 2023) como mecanismo analítico, que, por sua vez, tomou os enunciados de estudantes e professores como unidades de análise, que, após codificados, foram caracterizados em movimentos locucionários (ato de enunciar), ilocucionários (o ato realizado na enunciação) ou perlocucionários (efeitos em outrem da enunciação). Em seguida, buscamos estabelecer o campo associativo conceitual dos atos de fala a partir das escolhas lexicais dos sujeitos (Fiorin, 2023). Além disso, os atos de fala foram tipificados segundo sua intencionalidade em Assertivos (descrições, asserções etc. que buscam dizer como as coisas são), Diretivos (ordens, comandos, solicitações, etc. que tentam levar as pessoas a realizar alguma ação), Compromissivos (promessas, votos, garantias etc. pelos quais nos comprometemos a fazer algo), Expressivos (expressam sentimentos e atitudes) e Declarativos (atos de fala que provocam mudanças no mundo) (Searle, 2023).

Desse processo, foram gerados dois conjuntos de dados apresentados em duas categorias, nomeadas como (i) “Cognição Social e sua rede conceitual associativa ligada às práticas situadas” e (ii) “Contextos de Letramento Científico: ação sociopolítica por meio de atos de fala”. Os dados

⁶ A pesquisa teve aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa, órgão ligado ao Conselho Nacional de Ética em Pesquisa (CONEPE), por meio do parecer n. 5.679.341, cujo status pode ser consultado em: <https://plataformabrasil.saude.gov.br/login.jsf>

das categorias permitem responder, respectivamente, o objetivo de caracterizar os processos utilizados pela CoP, com a construção da cognição social, com suas intenções e as redes associativas que constituem seu processo de indução e; de compreender as formas de manifestação desses elementos políticos, enquanto efeitos do contexto de indução nos estudantes, evidenciando as formas concretas de expressão do ativismo e dos seus elementos políticos, nos diversos eventos comunicativos formulados, indicando os efeitos dos contextos nos discentes.

4. RESULTADOS

Como dito, a partir dos processos de análise foram gerados dois conjuntos de dados, apresentados nas duas subseções a seguir:

4.1 Cognição Social e sua rede conceitual associativa ligada às práticas situadas

Para a caracterização dos processos de construção da cognição social pela CoP e as formas de indução dos elementos políticos do LCC, foram analisadas as transcrições de quase vinte horas de gravação, cuja análise dos atos de fala nos permitiram compreender a constituição da base comum de compreensão do fenômeno e de construção de contextos de indução do LC dos estudantes. Nesse processo, um fator de destaque é a heterogeneidade da composição do grupo, que exigiu a conciliação das diferentes visões de mundo, gerando interação social e expansão dos conhecimentos de todos. Por meio dos encontros, a CoP tentou alinhar, convergir e a coordenar os diferentes significados do grupo (Wenger, 2016) da realidade socioambiental abordada. Esse processo foi percebido pela análise dos atos de falas nas reuniões, como exemplificado nos excertos abaixo:

P1: [...] [001] eu percebi na apresentação [...] que a agroecologia nesse sentido ela tem uma perspectiva bem ampla [...] pode ser é colocar um ativismo uma atitude política [002] ela desconstrói aquela ideia da horta né? [...] essa desconstrução dessas formas de produção e de consumo que a gente tem na sociedade [...] [003] o que a gente traz para a escola e às vezes a gente não contextualiza nem problematiza né? [...] tem uma simbologia ali muito forte do que [...] representa esse padrão de consumo de produção de alimento[...]

P2: [004] [...] quando ela falou do uso de garrafa pet na horta... é eu lembrei logo disso realmente é um contrassenso, né? Você está trabalhando, eu tô trabalhando toda uma conscientização e uma problematização ali na horta e você usa a garrafa pet que é um consumo [...] de um alimento totalmente oposto aquilo ali que a gente está fazendo [...]

P1: [...] [005] é a gente tem esse pensamento que a gente tá contribuindo para a natureza mas a gente precisa problematizar também isso né? porque às vezes a gente pode tá incentivando o consumo [...]

Em relação ao campo associativo, há uma grande profusão de termos, conteúdos e expressões (agroecologia, consumo), o que se refere à apropriação de um léxico comum, remetendo-se a dimensões macrosociais como a econômica (consumo, padrão de consumo, produção de alimento), política (agroecologia, atitude política) e uma percepção crítica da realidade (perspectiva bem ampla, desconstrói, problematiza, contextualiza). Além disso, os atos de fala destacados, assim como quase a totalidade dos enunciados das reuniões, caracterizam-se

como indiretos e assertivos, intencionando esclarecimento ([001]⁷), aproximação ([002]) e negociação de percepções ([003], [004] e [005]). Esses dados informam a constituição de um arcabouço conceitual complexo da CoP e das categorias envolvidas no contexto do objeto em estudo, cujos consensos foram materializados, enquanto cognição social negociada, no mapa conceitual da Figura 1, construído para registro das discussões do grupo.

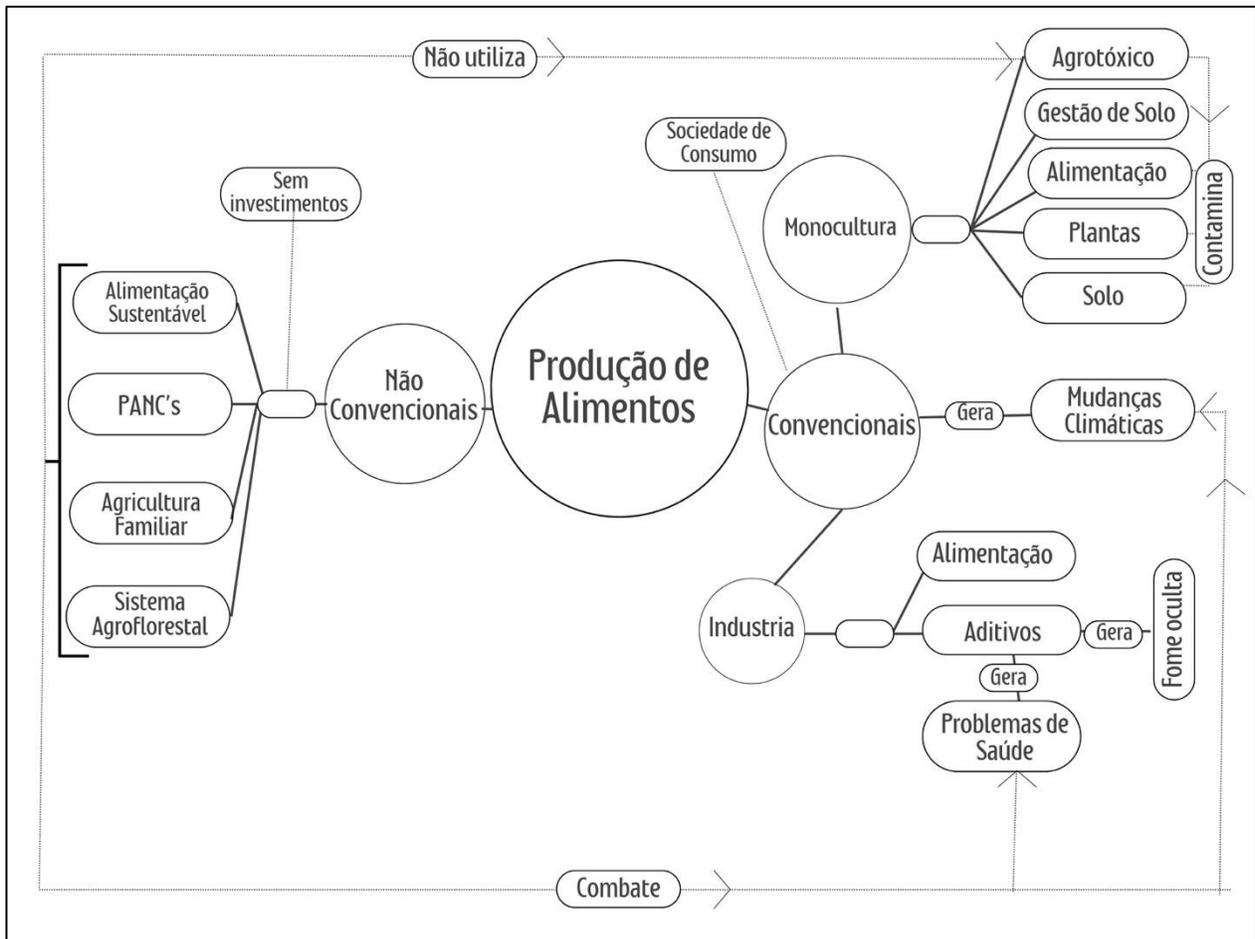


Figura 1 Mapa da rede conceitual associativa construída pela CoP: A rede conceitual produzida pela CoP destaca algumas práticas humanas em formas circulares (Hubs), cuja relação associativa perfaz dimensões sociais mais amplas, que determinam atividades socioculturais e econômicas (formas retangulares curvilíneas) com impactos no ambiente e nas esferas de vida das pessoas.

Percebe-se pela análise das escolhas lexicais que as atividades são associadas às dimensões econômica (indústria, investimento, aditivos, sociedade de consumo etc.), socioambiental (alimentação sustentável, sistema agroflorestal, plantas, Panc's etc.) e de saúde (alimentação, problemas de saúde e fome oculta).

O processo colaborativo da CoP, impulsionado pela *brainstorming*, permitiu outras conexões, atribuindo um comportamento de “rede sem escalas” (Shekhtman et al., 2024) à

⁷ Como informado, os códigos são utilizados para organização do texto, servindo para indicar a sequência dos atos de falas que comprovam as inferências/interpretações e para referenciá-los durante as discussões.

Essa cognição social informou os processos de indução dos elementos sócio-político-ambientais da problemática das abelhas, gerando atividades pedagógicas diversificadas, que, como dito, envolveram aulas expositivas dialogadas, diagnósticos ambientais, experimentações, plantio e excursões. Essas dinâmicas buscaram promover os seguintes critérios de LC, determinados a partir da cognição social do grupo: (a) identifica e estabelece relações de sobrevivência entre meliponíneos, vegetais e animais; (b) estabelece relações de dependência do homem com os meliponíneos para a produção de alimento; (c) caracteriza causas e consequências da poluição ambiental por agrotóxicos, sobretudo, para os meliponíneos; (d) desenvolve por meio da investigação científica diferentes formas de combate e de soluções para os problemas ambientais que afetam os meliponíneos; (e) caracteriza fisiomorfologicamente a família dos meliponíneos e a classe dos insetos; (f) estabelece relação entre aspectos da cultura indígena e a preservação das espécies de meliponíneos; (g) reconhece os prejuízos do uso predatório dos recursos produzidos pelos meliponíneos e outros animais; (h) defende e reafirma condutas bioéticas e ecologicamente corretas em relação aos meliponíneos; (i) ressignifica a representação social negativa das abelhas.

Esses momentos foram assumidos como eventos comunicativos intencionalmente pensados e cujos resultados da análise da produção discursiva deles são apresentados na seção seguinte.

4.2 Contextos de Letramento Científico: ação sociopolítica por meio de atos de fala

Para compreender as formas de manifestação dos elementos políticos do LCC nos estudantes, analisamos as gravações das 40 atividades pedagógicas realizadas pela CoP com os estudantes público-alvo do grupo. A grande maioria dos contextos caracterizou-se como formal e público, com exceção de três visitas a espaços externos, definidos como informais, por estarem fora do sistema educativo oficial. Porém todos mantinham-se sistematicamente organizados para o atendimento educacional. Nesses eventos comunicativos, a quase totalidade dos atos de fala caracterizou-se como “assertivos” (Searle, 2023), ou seja, composta por enunciados que se pretendiam como descrições e asserções sobre os conhecimentos (cognição social) dos contextos propostos, intencionando responder aos questionamentos dos docentes e a informar os estudantes sobre as características morfológicas, ecológicas, político-econômicas e culturais das abelhas.

Como exemplo desses dados são apresentados dois contextos. O primeiro evento comunicativo consiste em uma proposta de análise do filme “Bee Movie” (DreamWorks, 2007) que conta a luta de uma abelha nos tribunais humanos para o reconhecimento dos direitos de produção do mel pelos enxames. No caso, foram destacados como pontos da conversa com os estudantes o exame da representação morfológica, a organização social, os serviços ecológicos das abelhas e as controvérsias socioeconômicas e ambientais apresentadas pelo filme. O contexto situado da atividade caracterizou-se como formal, com a presença de professores da educação básica, professores em formação inicial e os estudantes, organizados em uma dinâmica de conversa aberta ao diálogo, embora, marcada por intencionalidade pedagógica. Nessa dinâmica, foram produzidas interações como a destacada abaixo:

PEB3: [006] mas porque é que [...] mesmo com as abelhas sem ferrão a gente age dessa forma, quer bater? [...]

CRIANÇA 1: [007] Não dá pra ver que ela é sem ferrão , [008]penso que é uma abelha normal e bate nela...

CRIANÇA 2: [009] A gente pensa que vai levar uma picada e acha que... [010] que as pessoa as conhece e tem gente que não sabe que tem abelha que é sem ferrão...

CRIANÇA 3: [011] Porque o ser humano, a maioria dos seres humanos, não pensam tipo: ah, esse aqui não pode ter ferrão, então eu vou olhar. Eles já vão direto....[...]

CRIANÇA 3: [012] Que os humanos, [...] eles não reparam, eles não param pra pensar que pode ter ou pode não ter ferrão, eles já vão direto achando que é com ferrão...

Os atos de fala dos professores caracterizam-se como diretos (excerto [006]), seguindo uma estrutura linguística correspondente à intencionalidade de instigar o posicionamento dos estudantes sobre as questões apresentadas. Em movimento ilocucionário, os estudantes enunciam atos de fala assertivos (excertos [007], [008], [009], [010], [011] e [012]), compostos de respostas e argumentações que apresentam aos ouvintes suas crenças e afirmam suas opiniões sobre a situação estudada (excertos [007], [008], [009], [010], [011] e [012]). No caso, demonstram capacidade de (auto)reflexão sobre as próprias atitudes e de outrem, evidenciando o conhecimento ou sua falta como elemento condicionante do comportamento humano frente às abelhas.

Na discussão sobre as controvérsias socioeconômicas e ambientais, foram produzidos atos de fala como os destacados a seguir.

CRIANÇA 4: As abelhas tavam em casa, [013] só que os adultos vão lá nas colmeias pegam o mel, matam elas e pegam o mel pra eles. [...]

CRIANÇA 2: [014] Elas pegam o mel e jogam nelas a fumaça.

CRIANÇA 5: É como se [015] você tá na sua casa de boa fazendo a sua comida aí vem uma pessoa gigante enfia a mão e rouba sua comida.

PEB3: [016] Será que as abelhas tinham razão de reclamar aqui?

CRIANÇAS: [017] Sim

CRIANÇA 2: [018] Muita razão!

PEB3: [019] Por quê?

CRIANÇA 2: Por causa que também [020] eles tão roubando o mel deles, delas, e ainda quando quando elas vão lá pegar pegar néctar e pólen na casa deles eles matam ela [...]

CRIANÇA 6: É [021] Eu faria o mesmo que a abelha, entrava na justiça, porque tem uma cena do filme que ele tava colocando (inaudível) do mel eu ia colocar na justiça, porque se ele roubasse a minha comida eu ia entrar na justiça por causa da minha comida porque foi eu foi eu [...]

CRIANÇA 3: Quería falar uma coisa que [022] eu acho triste depois de fazer tudo, eles levaram todo o crédito [...]

CRIANÇA 2: [023] Não existe jeito justo de fazer mel, o único jeito seria fazer o mel industrializado porque as abelhas produzem o mel natural e se a gente pegar ele, ela de qualquer forma a gente vai tá roubando delas.

Os atos de fala do professor se mantêm com a intencionalidade apresentada anteriormente, mobilizando a opinião dos discentes, que, da mesma forma, produzem afirmações por meio das quais se posicionam em relação à exploração do mel das abelhas pelos humanos (excertos [013], [014], [015], [017], [018], [020], [021], [022] e [023]). Destacam-se a avaliação e parecer ético dos estudantes sobre a situação, a qual julgam como injusta para as abelhas,

enquadrando a ação humana, analogamente, a um “roubo” ([015], [020], [021], [023]). São evidenciados também os prejuízos causados como a “morte” dos insetos ([013], [020]) e os direitos de produção do mel ([022]).

O segundo evento comunicativo refere-se à ida dos estudantes a um museu pedagógico sobre apicultura. Pela perspectiva dos modelos de contexto (Van Dijk, 2020), entende-se que os sujeitos possuem pré-concepções dos espaços, mantendo representações prévias que definem subjetivamente as categorias, regras e possibilidades de atuação neles. Nesse sentido, na pressuposição do museu como espaço de transmissão de informações, pode-se compreender que os estudantes se percebem como consumidores passivos das informações passadas pelo educador museal, considerado autoridade dos conhecimentos. Coincidentemente, a proposta do museu consistia em um circuito fechado com paradas específicas para a exposição de informações. Por meio dessa dinâmica social foram gerados diversos atos de fala como o trecho exposto abaixo:

EDUCADOR MUSEAL: [...] só que [024] as abelhas são animais e como todo animal eles também vive na natureza e lá na natureza elas não constroem colmeia elas fazem o ninho delas e elas gostam muito [...] de uma árvore grande que quando fica velha ela vai ficando oca fica com um espaço vazio lá dentro e aí fica quentinho pras abelhas fazerem a casa delas fica protegida do vento da chuva e dos animais [025] que querem invadir pra fazer o quê que os animais invadem?

CRIANÇA 1: [026] Matar

CRIANÇA 2: [027] Comer o mel

EDUCADOR MUSEAL: [028] Comer o mel e acabar matando elas, porque ele vai lá pra comer o mel e destrói tudo, né? [029] E acaba com as larvinhas então elas preferem se proteger dentro da árvore ... pode falar

CRIANÇA 2: [...] essa árvore e essas fotos [...] dá pra ver que esse [...] é [030] o lugar de um animal...de animal que é importante pra polinização

EDUCADOR MUSEAL: É verdade, porque dá [031] tão fazendo esse trabalho delas aqui nas flores, né? [...]

EDUCADOR MUSEAL: [...] muito bem observado, é isso mesmo a gente pediu pro artista pintar esse painel pra mostrar isso mesmo né? [032] Por que qual é o trabalho das abelhas na natureza?

CRIANÇAS: [033] Polinização

EDUCADOR MUSEAL: Exatamente, [034] muita gente acha que o trabalho delas é fazer mel, mas elas fazem mel porque o mel é a principal comida delas, né? E a sua comida então elas fazem mel

CRIANÇA 3: [035] E pra gente também é um remédio às vezes.

EDUCADOR MUSEAL: E pra gente também é um ótimo remédio.

CRIANÇA 4: [036] Só que roubam o mel delas e começam a vender.

EDUCADOR MUSEAL: [037] A gente vai ver aqui que a gente não rouba. Antigamente as pessoas roubavam o mel delas. Hoje em dia a gente inventou as colmeias há muito tempo já, né? Pra poder criá-las perto. Aí [038] a gente tem uma parte do mel que fica pra elas e uma parte do mel que a gente retira e [039] elas já são acostumadas com isso. Elas aprenderam isso porque elas tem vários benefícios quando elas vivem nessas colmeia. Por isso que a gente vai ver um pouquinho lá dentro, mas antigamente [040] as pessoas roubavam o mel iam lá na natureza pra encontrar o ninho e roubavam o mel que nem o urso faz e outros animais ainda fazem.... [...]

Nesse evento, a maioria dos atos ilocucionários caracterizam-se como “assertivos” (Searle, 2023) (excertos [024], [028], [029], [030], [031], [034], [039] e [040]). Esse fato tem

relação com a função assumida pelo educador museal de guia e autoridade do conhecimento, o qual incumbe-se de maior protagonismo na produção de atos de fala em um caráter transmissivo de conhecimentos com a explicação de conceitos e apresentação de informações. Observa-se que não há uma interlocução propriamente dita, mesmo em atos ilocucionários aparentemente diretos como nos excertos [025], [032] e [034]. Na realidade, é assumida a intencionalidade avaliativa dos conhecimentos dos estudantes, aos quais, em ato perlocucionário, resta a ação retórica de enunciar a resposta correta (excertos [026], [027], [030], [033] e [035]).

Entretanto, essa dinâmica é transgredida pelo ato de fala [036] que introduz um outro conteúdo à interação, problematizando o pressuposto “benefícios das abelhas” para os seres humanos, incluindo a crítica às ações predatórias e consumistas dos recursos produzidos por esses insetos. Esse ato gera um movimento perlocucionário ([037]) no educador museal que busca atenuar a crítica apresentando contribuições dos humanos para as abelhas ([038], [039] e [040]).

5. DISCUSSÃO

Com relação aos resultados da seção “Cognição Social e sua rede conceitual associativa ligada às práticas situadas”, que buscou caracterizar os processos de construção da cognição social pela CoP e as formas de indução dos elementos políticos do LCC, os dados indicam a importância de sistemas colaborativos e sociais para a constituição de propostas com dimensões complexas como o LCC e, também, para a formação docente, já que espaços-tempo como a CoP atuam como sistema de aprendizagens (Wenger, 2016) e como contextos de LC de professores, evidenciado pela complexificação do campo conceitual do grupo. Como fator importante desse processo, destaca-se a heterogeneidade dos sujeitos que, apesar dos desafios de alinhamento, convergência (foco comum, causas, interesses, confluências, entendimentos compartilhados, crenças, valores e princípios) e coordenação (métodos, processos, procedimentos, planos, divisão de trabalho, comunicação, transmissão de informações, compartilhamento de novidades e renegociação) dos significados, dos propósitos e das ações (Wenger, 2016), contribui para a ampliação da representação da realidade socioambiental dos participantes. A partir do compartilhamento de informações e perspectivas de mundo, conforma-se uma base coletiva de conhecimentos a qual pode subsidiar os professores no trabalho didático-pedagógico de indução de valores, princípios éticos e disposições políticas voltados ao ativismo na prática de sala de aula. Metodologicamente, a experiência vivida se assemelha ao quadro teórico STEPWISE de Bencze (2019), o que credita a constituição de redes associativas como meio de abarcar as dimensões macro científicas, sociais, políticas e ambientais necessárias à promoção das ações sociopolíticas. Esse processo formativo, proporcionado pela CoP, pode contribuir com a formação inicial e continuada de professores (Reis, 2016; Miranda; Drago & Vilanova, 2023), ao fornecer bases de conhecimento que subsidia a visão ampla e complexa da realidade, permitindo a integração de elementos sociopolíticos e ambientais no ensino de ciências. Entretanto, cabe destacar que as características dessa lógica formativa se contrapõem a relativização, flexibilização e descentralização da responsabilidade social da escola com a educação, não compactuando com propostas “que ignoram o papel dos professores como produtores de um conhecimento próprio e específico” (Nóvoa, 2024, p.6) e que reduz o ensino à uma ação técnica que pode ser exercida por pessoas com conhecimento do conteúdo, mas sem formação pedagógica.

Além disso, os resultados nos ajudam a entender que a instituição dos elementos políticos do LCC passa necessariamente pela dimensão discursiva, por meio da qual é construído um léxico comum que complementa, ressignifica ou adiciona novos elementos à cognição social dos sujeitos, tramando-os em redes conceituais sem escala, como mostrado nas Figuras 1 e 2. Isso permite uma visão complexa dos objetos de estudo e de trabalho, definida pela multidimensionalidade e níveis sociais que os integram. Para além da produção de contextos de LC, esse sistema apresenta grande potencial como alternativa aos modelos usuais de formação de professores, por possibilitar a construção de um conhecimento coletivo, colaborativo e colegial, destacado por Nóvoa (2024) como um elemento central para a profissionalização e para que os docentes possam responder às demandas sociopolíticas que a contemporaneidade lhes impõe, tal como a formação para a participação social e ativismo.

Quanto aos resultados reunidos da segunda seção (Contextos de Letramento Científico: ação sociopolítica por meio de atos de fala), destaca-se, novamente, a relevância da dimensão discursiva como forma de ação sociopolítica por meio da manifestação dos elementos políticos pelos estudantes. Os dados da análise dos atos de fala demonstram apropriação dos critérios de letramento propostos e de competências entendidas como importantes na participação e no envolvimento cívico em questões sociocientíficas. Destaca-se, por exemplo, a capacidade de avaliação e parecer ético sobre as situações socioambientais apresentadas nos contextos elaborados pela CoP, como a apropriação da produção das abelhas pelos seres humanos, a qual categorizam como injusta, enquadrando a ação analogamente a um roubo. O processo de análise e reflexão, instigado pela intencionalidade pedagógica, adensa o pensamento tornando-o mais complexo, expresso na compreensão da situação como uma controvérsia (excerto [023]), já que as soluções resultam em variadas ponderações influenciadas por questões de custo, cultura e interesses econômicos (Levison, 2006). Esse seria um importante elemento político voltado ao ativismo, pois, segundo Reis (2007, p. 37), “O exercício da cidadania em sociedades democráticas depende da capacidade dos cidadãos de avaliarem criticamente os efeitos da ciência e da tecnologia na sociedade”, aptidão cuja indução pode ocorrer, pedagogicamente, pela análise e discussão de problemas éticos, levando os estudantes a manifestarem sensibilidade e comprometimento moral.

Por esses dados percebemos efeitos dos contextos de LCC no desenvolvimento da agência e empoderamento dos sujeitos, exemplificados na interlocução dos estudantes com o educador museal, em que um discente se refere em um contexto anterior para contrapor-se ao discurso oficial, gerando um movimento perlocucionário do educador que buscou atenuar a crítica argumentando benefícios dados às abelhas pelos seres humanos em troca do extrativismo do mel e outros produtos. Na perspectiva do LCC, a problematização do pressuposto demonstra capacidade de crítica e contestação da realidade, visto que pressupostos são mecanismos linguísticos utilizados para mobilizar os sujeitos a aceitar uma determinada ideia, já que são apresentados como verdadeiros, evidentes e indiscutíveis (Fiorin, 2023). Esse e outros atos de relativização dos pressupostos podem ser considerados como manifestação de elementos como consciência crítica (Silva et al., 2022; Castro, 2021; Pereira & Silva, 2023) e autoconfiança (Castro, 2021), à medida que rompem com a dinâmica da conversação e o discurso dominante. Estas seriam capacidades psicológicas que demonstram o empoderamento pessoal e a ativação da agência dos sujeitos, à medida que, como destacamos, envolvem pensamento crítico sobre a realidade apresentada, denunciando injustiças e indicando o (auto)reconhecimento de sua capacidade/potencialidade de agir (Barbosa, 2019).

Embora o empoderamento e a agência estejam circunscritas ao nível psicológico e pessoal, ou seja, individual, são dimensões indissociáveis e necessárias a ações em nível de ativismo político, pois, imbuídas do pensamento democrático, podem envolver questões e problemas socioambientais de caráter interpessoal e incidir na ativação da capacidade de ação cooperativa nas arenas públicas, buscando a transformação das assimetrias, injustiças e opressões (Barbosa, 2019). Ou seja, o empoderamento e a agência seriam dimensões substanciais à Participação e Envolvimento cívico, sendo entendidas como “skills and habits of mind for participating in and/or studying society” (Berkowitz, et al., 2003, p. 228 *apud* Hodson, 2011, p. 309). Entretanto, destacamos a importância do conhecimento científico para compreensão da problemática e para o embasamento e determinação da ação (Lester et al., 2007).

De forma geral, os resultados apontam para a importância da dimensão discursiva no processo de constituição do LCC voltado ao ativismo, colocando-se como uma dimensão anterior e necessária à constituição de modelos de contexto e da cognição social dos sujeitos pelas quais se mobilizam e se direcionam com convicção e comprometimento nas questões socioambientais.

5.1 Da avaliação do projeto e das limitações da pesquisa

A análise dos dados nos permite também tecer pontuações sobre o projeto e sua lógica, sobretudo referente à necessidade de aprofundamento da participação dos estudantes, pois para a participação sociopolítica deles, é necessário considerá-los como agentes de sua aprendizagem, havendo necessidade do seu envolvimento na formulação das propostas. É preciso tê-los como agentes cruciais na construção do seu próprio processo de LC, já que não são meros receptores de informação, mas sujeitos capazes de realizar leituras do mundo que podem contribuir para a elaboração dos contextos de LCC.

Nesse tipo de participação os estudantes têm a oportunidade de expressar suas opiniões sobre o processo formativo, alinhando-o às suas necessidades e interesses. Isso pode aumentar o engajamento e a motivação e constituir um contexto de aprendizagem e de exercício da democracia e da participação social, com a compreensão das dinâmicas de tomada de decisão e de consensos. Além disso, esse processo possibilita conhecer a percepção e avaliação dos estudantes sobre a importância social dos conhecimentos e elementos políticos do LCC, sendo esta uma forma de promover a consciência e crítica deles.

Contudo, considera-se que este não é o único meio, sendo preciso compreendermos a totalidade dos processos de subjetivação e construção de princípios e valores socioambientais. A rede ao representar a topografia do campo conceitual da CoP nos dá indícios desses processos, mas, por sua “ontologia plana” (Jessop et al., 2008), torna opacas as informações sobre fluxos de conhecimentos, intensidade das trocas ou força das ideias. Esse dado nos permitiria entender problemas nas articulações entre os campos conceituais e, na perspectiva de formação dos membros, possibilitaria entender melhor as relações e a alternância/mobilidade dos sujeitos como autoridades/referências de conhecimentos. Da mesma forma, seria possível identificar os “deslocamentos” (Street, 2003) epistêmicos e político-sociais dos sujeitos com a aquisição de conhecimentos, valores e disposições socioambientais.

Nesse sentido, seria importante a realização de pesquisas que abordassem essas questões e que realizassem o mapeamento de outras formas de tradução dos elementos políticos em ações

sociopolíticas diante de situações sociais reais, já que a linguagem é considerada multimodal e suas formas de veiculação diversas e criativas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES FUTURAS

Considerando o contexto de crise ambiental sem precedentes, evidencia-se a necessidade de desenvolvimento, pela educação científica, de disposições e posturas político-críticas da população frente a multidimensionalidade das causas dos problemas socioambientais que vivemos. Nesse sentido, o LCC sob a concepção do ativismo torna-se um dispositivo significativo para reivindicação de direitos e deveres e solução das questões ambientais.

Nessa premissa, o estudo buscou compreender os processos de indução e manifestação do ativismo de alunos e professores em contextos de LCC voltados à discussão socioambiental e ao ativismo. Os resultados contribuem ao apontarem o contexto comunicativo, heterogêneo e diverso como elemento relevante para o LCC voltado ao ativismo, dado que ele fornece elementos interpretativos e de significação da realidade amplos e diversificados que fundamentam e ativam as ações e os discursos pelos quais os sujeitos intervêm no mundo. No caso, o trabalho de ampliação das categorias de interpretação e representação da realidade de professores e estudantes destaca-se como principal processo de indução de elementos políticos, no qual tem relevo a dimensão discursiva, por meio da qual dá-se a negociação, complementação e coordenação de visões.

Nossos resultados apontam que a base de conhecimentos ou cognição social adquirida pelas interlocuções permite os sujeitos se posicionarem nos eventos comunicativos, contestando injustiças e pressupostos, transgredindo relações intransigentes e construindo contradiscursos que colocam em evidência dimensões econômicas e políticas ligadas às questões estudadas. Mesmo em nível pessoal, esses elementos reforçam a capacidade desses contextos de promover elementos do ativismo como o empoderamento e a agência, os quais a pesquisa aponta como basilares a qualquer ação sociopolítica.

Esses indícios implicam no reforço à “disponibilização de projetos tangíveis”, “exequíveis e empoderadores” para promover a “convicção de que a mudança é possível” (Reis, 2021, p. 10). Neles, por meio do pensamento científico induzido pelo LCC, os sujeitos avaliam a realidade, identificando seus problemas socioambientais, propondo resoluções individuais e coletivas. A aplicação de competências e capacidades científicas em contextos simulados ou reais permite a “independência intelectual e autonomia pessoal do sujeito” (Conrado et al., 2020, p. 8) e a motivação para se comprometerem e se engajarem com “problemas sociais e ambientais presentes e futuros” (Furtado et al., 2021, p. 233).

Em perspectiva futura, isso implica na constituição de contextos de educação científica abertos, com estruturas e relações democráticas, e como espaço de exercício prático-moral para o desenvolvimento de disposições subjetivas dos sujeitos, tais como tendência para o diálogo, respeito às regras, orientação discursiva para o consenso (Kurup et al., 2021); de modo que sejam proporcionadas vivências de responsabilidade e tomada de decisão. Da mesma forma, seriam necessárias pesquisas futuras que abarquem todas as dimensões da constituição da subjetividade requerida pelo LCC voltado às questões socioambientais. Talvez, dessa forma, seja possível uma contribuição efetiva da educação científica ao combate da crise ambiental planetária e ao confronto à despolitização dos sujeitos que busca a individualização das responsabilidades.

AGRADECIMENTOS

Este artigo foi financiado por fundos nacionais através da FCT — Fundação para a Ciência e a Tecnologia, IP, no âmbito da UIDEF — Unidade de Investigação e Desenvolvimento em Educação e Formação, UIDB/04107/2020, <https://doi.org/10.54499/UIDB/04107/2020>.

REFERÊNCIAS

- Barbosa, M. G. (2019). Empoderamento político dos cidadãos. *Educação em Revista*, 35, 1-20. <https://doi.org/10.1590/0102-4698208794>
- Barrue, C., & Albe, V. (2013). Citizenship education and socioscientific issues: Implicit concept of citizenship in the curriculum, views of French middle school teachers. *Science & Education*, 22, 1089-1114. <https://doi.org/10.1007/s11191-012-9571-4>
- Bazzul, J., Bencze, J. L., & Alsop, S. J. (2019). Long live activism and science education!. *Journal for Activist Science and Technology Education*, 10(1), i-iii. <https://doi.org/10.33137/jaste.v10i1.32908>
- Bencze, J. L. (2019). Mobilizing Altruistic Civic Actions Through School Science: Going Up Against The Borg™. *Journal for Activist Science and Technology Education*, 10(1), 57-71. <https://doi.org/10.33137/jaste.v10i1.32917>
- Castro, B. L. S. (2021). Empoderamento comunitário na busca de soluções para o problema da ausência de saneamento básico no bairro de Penedo, município de Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 7(6), 900-909. <https://doi.org/10.51891/rease.v7i6.1441>
- Conrado, D. M., Nunes-Neto, N., & El-Hani, C. N. (2020). Dimensões dos conteúdos mobilizados por estudantes de biologia na argumentação sobre antibióticos e saúde. *Educação e Pesquisa*, 46, 1-22. <https://doi.org/10.1590/S1678-4634202046223593>
- DeBoer, G. E. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 37(6), 582-601. [https://doi.org/10.1002/1098-2736\(200008\)37:6%3C582::AID-TEA5%3E3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200008)37:6%3C582::AID-TEA5%3E3.0.CO;2-L)
- Ferreira, M. F. D. O. (2019). *Efeitos de diferentes agrotóxicos na sobrevivência e comportamento de Scaptotrigona aff. xanthotricha (Apidae, Meliponini)*. [Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Uberlândia]. Repositório Institucional - UFU. <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.2056>
- Fiorin, J. L. (2023). Pragmática. In J. L. Fiorin (Orgs). *Introdução à linguística: II. Princípios de análise* (5ª ed., V.II, pp. 161 - 185). Editora Contexto.
- Furtado, L., de Brito, L. P., & de Almeida, A. C. P. C. (2021). O enfoque ciência, tecnologia e sociedade e a metodologia da aprendizagem baseada em problemas: um ensaio sobre as possibilidades para a promoção da educação científica na Educação Básica. *Revista Pesquisa Qualitativa*, 9(20), 220-249. <https://doi.org/10.33361/RPQ.2021.v.9.n.20.387>
- Freitas, A. C., Nascimento, L. A., Castro, R. G., Motokane, M. T., & Reis, P. (2023). Biodiversity and Citizenship in an Argumentative Socioscientific Process. *Sustainability*, 15(2987), 1-18. <https://doi.org/10.3390/su15042987>
- Kurup, P. M., Levinson, R., & Li, X. (2021). Informed-Decision Regarding Global Warming and Climate Change Among High School Students in the United Kingdom. *Can. J. Sci. Math. Techn. Educ.* 21, 166–185. <https://doi.org/10.1007/s42330-020-00123-5>
- Hodson, D. (2011). *Looking to the future: Building a curriculum for social activism*. Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers. <https://brill.com/display/title/37228?rsk=MDhb2S&result=1>
- Hodson, D. (2021). Going Beyond STS Education: Building a Curriculum for Sociopolitical Activism. *Can. J. Sci. Math. Techn. Educ.* 20, 592–622. <https://doi.org/10.1007/s42330-020-00114-6>

- Istiyadji, M., & Sauqina (2023). Conception of scientific literacy in the development of scientific literacy assessment tools: a systematic theoretical review. *Journal of Turkish Science Education*, 20(2), 281-308. 10.36681/tused.2023.016. <https://doi.org/10.36681/tused.2023.016>
- Jessop, B.; Brenner, N.; Jones, M. (2008). Theorizing sociospatial relations. *Environment and Planning D: Society and Space*, 26(3), 389-401. <https://doi.org/10.1068/d9107>
- Kilag, O. K., Lisao, C., Lastimoso, J., Villa, F. L., & Miñoza, C. A. (2024). Bildung-Oriented Science Education: A Critical Review of Different Visions of Scientific Literacy. *International Multidisciplinary Journal of Research for Innovation, Sustainability, and Excellence (IMJRISE)*, 1(2), 313-320. <https://risejournals.org/index.php/imjrise/article/view/349>
- Lester, B. T., Lee, L. M. O. & Lambert, J. (2007) Social Activism in Elementary Science Education: A science, technology, and society approach to teach global warming. *International Journal of Science Education*, 28(4), 315-339. <http://dx.doi.org/10.1080/09500690500240100>
- Levinson, R. (2006). Towards a theoretical framework for teaching controversial socio-scientific issues. *International Journal of Science Education*, 28(10), 1201-1224. <https://doi.org/10.1080/09500690600560753>
- Levy, B. L. M., Oliveira, A. W., & Harris, C. B. (2021). The potential of “civic science education”: Theory, research, practice, and uncertainties. *Science Education*, 105(6), 1-23. DOI: [10.1002/sce.21678](https://doi.org/10.1002/sce.21678)
- Linhares, E., Reis, P. (2023). Education for environmental citizenship and activism through the development of nature-based solutions with pre-service teachers. In: *Journal of Social Science Education* 22(4), 1-23. <https://doi.org/10.11576/jsse-6498>
- Martins, I. (2008, 21 a 24 de outubro). Alfabetização Científica: metáfora e perspectiva para o Ensino de Ciências. In: Zimmermann, E. *Anais do décimo primeiro Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, SBF. <https://sec.sbfisica.org.br/eventos/epf/xi/programa.asp>
- MIRANDA, E.; VILANOVA, R. & DRAGO, V. S. R. (2023). Socio-scientific issues in science education? contributions of a community of practices for the development of critical approaches to emergent socioenvironmental themes. In: A. Galamba, & H. Gandolfi (Orgs.), *Critical Pedagogies in STEM Education: Ideas and experiences*. Ed. Autografia.
- Norris, S. P., & Phillips, L. M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science education*, 87(2), 224-240. <https://doi.org/10.1002/sce.10066>
- Nóvoa, A. (2024). Formação de professores: Uma terceira revolução?. *Educação, Sociedade & Culturas*, 67, 1-14. <https://doi.org/10.24840/esc.vi67.777>
- REIS, P. (2007). O ensino da ética nas aulas de ciências através do estudo de casos. *Revista Interações*, 5, 36-45. <http://hdl.handle.net/10400.15/252>
- Reis, P. (2016). O papel das comunidades de prática na formação do desenvolvimento profissional de professores e do diálogo entre a escola e a universidade. In: L. G. R. Genovese, A. G. Moraes, F. C. Bozelli, S. T. Gehlen, A. F. Miquelin, & L. H. Sasseron (Orgs), *Diálogo entre as múltiplas perspectivas na pesquisa em Ensino de Física*. Editora Livraria da Física.
- Reis, P. (2021). Cidadania Ambiental e ativismo juvenil. *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista – ENCITEC*, 11(2), 05-24. <https://doi.org/10.31512/encitec.v11i2.433>
- Pereira, S. C. F., & Silva, R. B. (2023). Educação Ambiental favorável a *Apis mellifera* L.(HYMENOPTERA: APIDAE). *Revista Maestria*, 18, 33-43. <https://revista.unifemm.edu.br/index.php/Maestria/article/view/59/91>
- Roberts, D. A. (2013). Scientific literacy/science literacy. In: S. K. Abell, K. Appleton, & D. Hanuscin, D. (Eds.), *Handbook of research on science education*. (p. 729-780). Routledge. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9780203824696-29/scientific-literacy-science-literacy-douglas-roberts>
- Rudolph, J. L. (2024). Scientific literacy: Its real origin story and functional role in American education. *Journal of Research in Science Teaching*, 61(3), 519–532. <https://doi.org/10.1002/tea.21890>

- Santos, A. B. (2010). Abelhas nativas: polinizadores em declínio. *Natureza online*, 8(3), 103-106. <https://www.naturezaonline.com.br/revista/article/view/387>
- Santos, B. S. (2006). *A gramática do tempo: para uma nova cultura política*. Cortez Editora.
- Searle, J. R. (2023). *Intencionalidade* (3ª ed., J. Fischer; T. R. Bueno, Trad.). Cambridge University Press; Editora Martins Fontes.
- Shekhtman, L. M., Gates, A. J., & Barabási, AL. (2024). Mapping philanthropic support of science. *Sci Rep*, 14 (9397), 1-13. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-58367-2>
- Silva, G. M. D. (2022). *Efeitos toxicológicos da exposição oral do tiametoxam na abelha sem ferrão Scaptotrigona postica Latreille, 1807 (Hymenoptera, Apidae, Meliponini)*[Trabalho de conclusão de curso, Universidade Estadual Paulista]. Repositório Unesp. <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/8daf71c8-70bb-4c3d-bd53-74438cfef095/content>
- Silva, W. P., & Paz, J. R. L. (2012). Abelhas sem ferrão: muito mais do que uma importância econômica. *Natureza online*, 10(3), 146-152. <http://www.naturezaonline.com.br>
- Street, B. (2003). What's 'new' in new literacy studies? Critical approaches to literacy in theory and practice. *Current issues in comparative education*, 5(2), 77-91. <https://doi.org/10.52214/cice.v5i2.11369>
- Street, B. (2020). *Letramentos sociais: abordagens críticas do letramento no desenvolvimento, na etnografia e na educação*. (M., Bagno, Trad.). Long Group Limited; Parábola Editorial.
- Tripp, D. (2005). Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. *Educação e pesquisa*, 31(3), 443-466. <https://doi.org/10.1590/S1517-97022005000300009>
- Valladares, L. (2021). Scientific literacy and social transformation: Critical perspectives about science participation and emancipation. *Science & Education*, 30(3), 557-587. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00205-2>
- Van Dijk, T. A. (2020). *Discurso e Contexto: uma abordagem sociocognitiva* (R. Ilari Trad.). Editora Contexto.
- Voelkel, R. H., Jr., Prusak, K. J., & Tassell, F. V. (2024). Effective Principal Leadership Behaviors That Enhance Teacher Collective Efficacy. *Education Sciences*, 14(431), 1-16. <https://doi.org/10.3390/educsci14040431>
- Wenger, E. (2016). *Communities of Practice: Learning, Meaning, and Identity*. Cambridge University Press.
- Yin, R. K. (2015). *Estudo de Caso: planejamento e métodos*. Bookman editora.
- Zidny, R., Sjöström, J. & Eilks, I. (2020). A Multi-Perspective Reflection on How Indigenous Knowledge and Related Ideas Can Improve Science Education for Sustainability. *Sci & Educ* 29, 145–185. <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00100-x>

Apêndice 1 - Quadro detalhado dos encontros da Comunidade de Prática

Atividade	2022					2023							2024					
	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Fev.	Mar.
Construir o Quadro teórico-conceitual para orientação das atividades	X	X	X															
Elaborar as atividades para a apresentação do projeto às crianças	X	X																
Elaborar as atividades sobre as características fisiomorfológicas das abelhas		X	X									X	X					
Elaborar as atividades sobre os serviços ecológicos das abelhas			X	X	X									X	X			
Planejar a excursão ao Jardim Botânico do Rio de Janeiro		X																
Planejar a excursão ao Museu do Mel					X													
Planejar a excursão ao Horto Botânico de São Cristóvão								X										
Planejar a criação e aproveitamento de áreas para forrageamento das abelhas							X	X	X	X	X	X					X	X

Apêndice 2 - Quadro detalhado das atividades planejadas pela Comunidade de Prática

Atividade	2022					2023					2024							
	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Fev.	Mar.
Apresentação do projeto	X																	
Taxonomia das abelhas (oficinas)		X																
Oficina morfologia das espécies de abelhas		X	X															
Serviços ecológicos das abelhas		X	X	X														
Cine-debate: filme BeeMovie			X															
Preparação do espaço do meliponário			X	X														
Excursão ao museu do mel					X													
Oficina de dissecação de flores					X	X												
Diagnóstico ambiental						X						X	X					X
Construção de áreas verdes						X	X	X	X	X	X							
Plantio de PANC's							X	X										X
Oficina com flores comestíveis									X									
Oficina receita de PANC										X								
Produção de mel pelos meliponíneos											X	X						
Reorganização do meliponário						X								X	X			
Manutenção das áreas verdes							X		X	X			X		X	X		
Excursão ao Jardim Botânico																		
Excursão ao Horto Botânico de São Cristóvão																		X
Exposição no Museu e Vida												X						
Exposição na mostra pedagógica da escola																X		

Apêndice 3 - Grelha utilizada para a análise lexical e dos atos de fala dos contextos comunicativos

Participante	Enunciados	Movimento	Tipificação	Campo conceitual
	As abelhas tavam em casa,			
CRIANÇA 4	[013] só que os adultos vão lá nas colmeias pegam o mel, matam elas e pegam o mel pra eles. [...]	ilocucionário	Assertivo (explicação)	<i>Pegam; matam</i> (ético-moral)
CRIANÇA 2	[014] Elas pegam o mel e jogam nelas a fumaça.	ilocucionário	Assertivo (explicação)	<i>Pegam</i> (ético-moral)
	É como se			
CRIANÇA 5	[015] você tá na sua casa de boa fazendo a sua comida aí vem uma pessoa gigante enfia a mão e rouba sua comida.	ilocucionário	Assertivo (explicação)	<i>Rouba</i> (ético-moral)
PEB3	[016] Será que as abelhas tinham razão de reclamar aqui?	locucionário	Diretivo (solicitação)	-----
CRIANÇAS	[017] Sim.	ilocucionário	Assertivo (asserção)	-----
CRIANÇA 2	[018] Muita razão!	ilocucionário	Assertivo (asserção)	-----
PEB3	[019] Por quê?	perlocucionários	Diretivo (solicitação)	-----
	Por causa que também			
CRIANÇA 2	[020] eles tão roubando o mel deles, delas, e ainda quando quando elas vão lá pegar pegar néctar e pólen na casa deles eles matam ela [...]	ilocucionário	Assertivo (explicação)	<i>Roubando; pegar; matam</i> (ético-moral)
	É [021] Eu faria o mesmo que a abelha, entrava na justiça, porque tem uma cena do filme que ele tava colocando (inaudível) do mel eu ia colocar na justiça, porque se ele roubasse a minha comida eu ia entrar na justiça por causa da minha comida porque foi eu foi eu [...]	ilocucionário	Assertivo (asserção)	<i>Justiça; roubasse</i> (ético-moral)
	Queria falar uma coisa que			
CRIANÇA 3	[022] eu acho triste depois de fazer tudo, eles levaram todo o crédito [...]	ilocucionário	Expressivo	<i>Triste; fazer tudo; levaram; crédito</i> (justiça/ ético-moral)
	[023] Não existe jeito justo de fazer mel, o único jeito seria fazer o mel industrializado porque as abelhas produzem o mel natural e se a gente pegar ele, ela de qualquer forma a gente vai tá roubando delas.	ilocucionário	Assertivo (asserção)	<i>Justo; pegar; roubando</i> (ético-moral) <i>jeito ... fazer</i> (tecnológico) <i>industrializado; produzem</i> (econômico)

**A CASE STUDY ON THE SELF-EFFICACY OF PRE-SERVICE AND IN-SERVICE GREEK
TEACHERS REGARDING TEACHING THROUGH THE USE OF SOCIO-SCIENTIFIC
ISSUES.**

UM ESTUDO DE CASO SOBRE A AUTOEFICÁCIA DE PROFESSORES GREGOS EM FORMAÇÃO E EM
SERVIÇO EM RELAÇÃO AO ENSINO ATRAVÉS DO USO DE QUESTÕES SOCIOCIENTÍFICAS

UN ESTUDIO DE CASO SOBRE LA AUTOEFICACIA DE LOS PROFESORES GRIEGOS EN FORMACIÓN
Y EN SERVICIO RESPECTO A LA ENSEÑANZA A TRAVÉS DEL USO DE CUESTIONES SOCIO-
CIENTÍFICAS

Sophia Fili, Eleni Alexiou, Konstantinos Danaksis, Kyriaki Michaelidou & Nausica Kapsala

National and Kapodistrian University of Athens / Pedagogical Department of Primary Education, Greece
sophia.fili999@gmail.com, nausicakapsala@yahoo.com

ABSTRACT | In modern societies, science and technology permeate all aspects of life, making it necessary to address socio-scientific issues (SSI) through a framework that connects science and society. Schools play a crucial role in developing students' ability to manage such issues. This case study investigates the views of 12 Greek pre-service and in-service elementary school teachers on incorporating SSIs into their teaching practices. Using semi-structured interviews, the study explores teachers' willingness to engage with SSI, perceived benefits, and barriers such as low self-confidence, curriculum relevance, and community reactions. The findings reveal a strong willingness to integrate SSI despite significant concerns, such as low self-confidence, concerns about curriculum relevance, potential classroom disruptions, and apprehensions about community reactions, particularly from parents and school administrators, highlighting the need for targeted teacher training programs to support effective implementation.

KEYWORDS: Science and society, Socio-scientific issues, Science education, Elementary school teachers, Pre-service teachers.

RESUMO | Nas sociedades modernas, a ciência e a tecnologia permeiam todos os aspetos da vida, tornando necessário abordar as questões sociocientíficas (SSI) através de um enquadramento que ligue a ciência à sociedade. As escolas desempenham um papel crucial no desenvolvimento da capacidade dos alunos para lidar com este tipo de questões. Este estudo de caso investiga as perspetivas de 12 professores gregos do ensino básico, em formação inicial e no exercício da profissão sobre a integração de SSI nas suas práticas pedagógicas. Usando entrevistas semiestruturadas, este estudo explora a disposição dos professores para abordar SSI, os benefícios e os obstáculos percebidos, como a baixa autoconfiança, a relevância curricular e as reações da comunidade. Os resultados revelam uma forte vontade de integrar SSI, apesar de preocupações significativas, tais como a baixa autoconfiança, dúvidas quanto à relevância curricular, possíveis perturbações em sala de aula e receios face às reações da comunidade, sobretudo por parte dos pais e dos responsáveis escolares, realçando a necessidade de programas de formação de professores direcionados para apoiar uma implementação eficaz.

PALAVRAS-CHAVE: Ciência e sociedade, Questões sociocientíficas, Educação em ciências, Professores do ensino básico, Professores em formação inicial.

RESUMEN | En las sociedades modernas, la ciencia y la tecnología impregnan todos los aspectos de la vida, lo que hace necesario abordar las cuestiones sociocientíficas (SSI) mediante un enfoque que conecte la ciencia con la sociedad. Las escuelas desempeñan un papel crucial en el desarrollo de la capacidad del alumnado para enfrentarse a este tipo de cuestiones. Este estudio de caso investiga las perspectivas de 12 docentes griegos de educación primaria, tanto en formación inicial como en ejercicio, sobre la integración de las SSI en sus prácticas pedagógicas. A través de entrevistas semiestructuradas, este estudio explora la disposición del profesorado para abordar las SSI, los beneficios y los obstáculos percibidos, como la baja autoconfianza, la pertinencia curricular y las reacciones de la comunidad. Los resultados revelan una fuerte disposición a integrar las SSI, a pesar de preocupaciones significativas, como la falta de confianza, las dudas sobre su encaje en el currículo, las posibles interrupciones en el aula y el temor a las reacciones de la comunidad, especialmente de las familias y del equipo directivo de los centros. Estos hallazgos destacan la necesidad de programas de formación docente específicos que apoyen una implementación eficaz.

PALABRAS CLAVE: Ciencia y sociedad, Cuestiones sociocientíficas, Educación científica, Profesorado de educación primaria, Profesorado en formación inicial.

1. INTRODUCTION

In modern societies, science and technology are involved in various ways in every aspect of social, economic, and political life. Socio-Scientific Issues (SSIs) cannot be adequately examined through isolated lenses of either science or society. Still, a framework is needed to examine them multifacetedly, highlighting the relationship between society and science. The school, as a fundamental educational institution, can contribute to developing management skills for such issues.

In recent years, the integration of SSIs into education has gained attention as a means to link science and society more closely (Sadler, 2011). Research suggests that the inclusion of SSI in science curricula fosters critical thinking, ethical reasoning, and decision-making skills in students (Ratcliffe & Grace, 2003; Bencze et al., 2012). Studies have shown that engaging students with SSI enhances their ability to analyze complex situations, consider multiple viewpoints, and make informed decisions (Zeidler et al., 2009; Sadler, 2011). Furthermore, teachers play a pivotal role in facilitating discussions around controversial topics, preparing students to engage with real-world issues (Ekborg et al., 2013). Effective teacher training and support are essential for equipping educators with the skills necessary to navigate these discussions and help students develop the competencies needed to address societal challenges (Bryce & Gray, 2004; Özden, 2015).

This research examines the views of six pre-service teachers (students of the Department of Pedagogy and Primary Education at the National and Kapodistrian University of Athens) and six in-service primary school teachers in Greece regarding the use of SSI. The aim is not only to assess these teachers' willingness to incorporate these issues into their teaching but also to highlight the barriers they encounter and explore potential solutions.

The entire sample, without exception, showed a willingness to include SSI in teaching, citing as added benefits the contact of students with a range of, often opposing, points of view, the development of teamwork spirit, argumentation skills, critical thinking and processing and problem-solving. However, they also referred to a variety of inhibiting factors such as how interesting they and the students find an issue, relevance to the curriculum, low self-confidence about their cognitive training, the very nature of SSI as a potential source of disruption in the classroom, the possible reactions of the directly related social group (parents, school management, colleagues) to issues that are particularly controversial, while few also mentioned the absence of teaching time. Finally, the great majority of the participants express the belief that teaching through SSI is suitable only for elder ages, and the last elementary classes, while they also presented a teacher-centered attitude towards the processing of SSIs.

The findings of this research call us to emphasize the need for the creation and implementation of training programs for primary education teachers in order to address the above concerns.

2. LITERATURE REVIEW

The rapid progress of science and the proliferation of technology, phenomena that have affected almost every aspect of human activity, have given rise to and continue to give rise to several interrelated SSI. SSI have been widely recognized as essential components of science

education, promoting the development of critical thinking and ethical reasoning (Sá-Pinto et al., 2022; Bencze et al., 2012). SSI such as climate change, vaccination debates, and genetically modified organisms require students to integrate scientific knowledge with broader social and ethical considerations. Recent studies highlight the importance of embedding SSI into science curricula to help students engage with real-world problems (Ekborg et al., 2013; Ratcliffe & Grace, 2003). However, despite their importance, many teachers face challenges in addressing SSI due to lack of training and relevant teaching resources (Chen & Xiao, 2021). According to Kara (2012), science has long been recognized as a human activity directly related to the social, economic, political, and moral sphere. Citizens are increasingly requested to take a stand on issues based on scientific knowledge or technological capabilities but are overlaid by broader concerns (Hodson 2003 as cited in Sadler 2011).

The existence of SSI is not a simple issue that can be addressed with a scientific and technological solution. SSI constitute a complex context in which the conditions and assumptions underpinning policies and pedagogical practices are reexamined. When it comes to complex socio-ecological and socio-technical phenomena a field of discourse limited to technocratic “answers” fails to connect these issues to the wider economic, political, and ecological contexts (Reis, 2014). SSI not only integrate scientific and social contexts but also serve as a tool to foster scientific literacy by helping students critically engage with scientific knowledge and its implications (Sá-Pinto et al., 2022). Dealing with SSI requires the ability to examine the ethical dimensions of science, critical thinking skills, decision-making, argumentation, and reflective judgment. Those without a basic understanding of the ways in which science and technology interact with the physical and sociopolitical environment are likely to go seriously astray in exercising their rights in a democratic, technologically dependent society (Sadler, 2011).

Based on the definitions provided by Bencze et al. (2012), Kara (2012), Lee et al. (2006), Ratcliffe & Grace (2003), and Sadler (2011), we define SSI in the context of this research as follows: SSI are highly controversial issues that reflect the multifaceted interactions of science, technology, and the broader social context. Thus, they are based on science and potentially have a significant impact on society.

2.1 SSI in Science Education

Education should be oriented towards encouraging students to become active citizens, ready and willing to face, individually and through social actions, issues that affect them, emphasizing the value of SSI analysis for the achievement of this goal (Bencze et al. 2012). According to Albe (2007), (as cited in Espeja et al. 2015), science education should provide opportunities for students to experience science in contexts similar to those they will find outside of school, aiming to achieve scientific literacy for all citizens. SSI allow students to understand the importance of science in everyday life and develop the ability to be critical consumers of scientific information (Kolsto, 2001 as cited in Espeja et al., 2015). According to Lee et al. (2013), exposure to SSIs and active participation in classroom discussions surrounding these topics play a crucial role in fostering students' sense of responsibility and their motivation to engage with these issues in real life. This engagement encourages students to recognize the relevance of SSI to their own lives and inspires them to act in their communities. Additional research suggests that using SSI in education enhances not only scientific understanding but

also critical thinking and decision-making skills, essential for addressing complex issues like evolution and sustainability (Sá-Pinto et al., 2022).

The internalization of information stemming from SSI processing activities is based on understanding the relationships between concepts, the ability to make decisions in times of crisis and draw conclusions, as well as understanding the scope of application of new knowledge, abilities, and skills (Kostromina & Gnedykh, 2015). In SSI processing, scientific knowledge is nothing more than a trigger to promote deeper critical thinking (Ratcliffe & Grace, 2003). SSI-based instruction not only enhances students' understanding of science but also prepares them for active citizenship by engaging them in socio-political and environmental issues (Sá-Pinto et al., 2022)

According to Bencze, Sperling & Carter (2012), despite significant progress in development and research related to educating students about social science topics, practices in schools are often much more modest. Despite the recognized benefits, SSI are not generally included in the science classroom, much less in primary education, in which SSI seem, a priori, to represent a significant challenge for teachers and students (Espeja et al., 2015). SSI processing requires different skills and pedagogical approaches than many teachers are probably familiar with and requires them to organize classroom work differently, often introducing unfamiliar practices (Bayram Jacobs, 2019). Recent work by Emvalotis et al. (2021) further highlights the role of personal epistemology in biological sciences education, emphasizing that students' and teachers' scientific beliefs and understanding significantly shape their approach to learning and teaching scientific concepts. This is particularly relevant when teaching SSI, as it demands a reflective and inquiry-based approach.

In many school contexts, little emphasis is placed on SSIs. This is partly because many teachers perceive their primary responsibility as teaching scientific principles and concepts, often viewing any meaningful intervention that incorporates the complexity and open-ended nature of SSI, as well as the need to address values and moral considerations, as a burden (Ratcliffe & Grace, 2003). This viewpoint is supported by Lee and Witz (2009), who argue that teachers' focus on traditional scientific content limits their willingness to engage with SSI. Challenges that teachers seem to face according to Chen & Xiao (2021) can be divided into four categories: insufficient teacher knowledge base, lack of skills, feeling insecure when dealing with SSI in classrooms, and lack of personal interests or beliefs. Teachers in a survey by Borgerding & Dagistan (2018) reported that they consider it misleading to teach multiple perspectives or to maintain teachers' neutrality in discussions of SSIs, fearing that this instruction would make students doubt the scientifically accepted view, as well as that they believe that the students did not have the maturity to face this controversy. Teachers' reluctance to include ethical aspects in SSI teaching is likely to discourage them from adopting effective teaching practices even when they are equipped to do so (Leung, 2022). In addition, research by Ekborg et al. (2013) presented teacher concerns around addressing student questions, critically examining arguments, and using media in the process.

Other research focused on teachers' views on SSI teaching shows that despite their generally positive attitude towards the need to include them in teaching, they express multiple concerns that may stand in the way of implementing SSI planning in the classroom, such as: the position of personal values and their impact on students' values about SSI, lack of relevant educational materials, lack of time to plan and prepare materials, uncertainty about how to

conduct discussions on sensitive issues, and difficulties related to the evaluation of student performance in relation to issues with moral dimensions (Borgerding & Dagistan, 2018; Chen & Xiao, 2021; Kara, 2012; Lee et al., 2006; Tidemand & Nielsen, 2016).

Research in Greece considering teaching SSI mostly focuses on secondary education and investigates students rather than teachers (Georgiou, 2024), concerning their engagement, argumentation skills, etc. (Georgiou et al., 2020). Kokolaki and Stavrou (2022) asked pre-service teachers to create teaching materials (PPTs) to teach SSI and analyzed the findings that teachers chose to focus on the scientific content and ethical aspects of their themes, rather than on the social aspects of science.

2.2 Research Questions

Recognizing, therefore, the importance of teaching SSI in the modern school, but also the obstacles highlighted above, in this research, we will attempt to investigate the views of undergraduate students of Pedagogical Departments of Primary Education as well as in-service elementary school teachers on the processing of SSI in the classroom. More specifically, we focus on the following five (5) research questions:

1. Are the pre-service and in-service elementary teachers that take part in this survey informed about the nature of socio-scientific issues (SSI)?
2. Are they willing to integrate SSI into their classroom teaching?
3. What do they consider to be the potential benefits of teaching with SSI?
4. What do they consider to be the potential disadvantages of teaching SSI?
5. What obstacles do they anticipate encountering when integrating SSI into their classroom practices?

3. METHODOLOGY

3.1 Research Strategy

The use of qualitative data collection methods is deemed appropriate to explore the perspectives of teachers and students participating in this study (Cypress, 2015).

3.2 Research Tool

The semi-structured interview process is the research tool for conducting this qualitative, exploratory study as it allows deeper extraction of information while investigating complex social processes and behaviors, motivations, emotions, attitudes, values, and perceptions (Breakwell et al., 2006). The duration of each interview was approximately 30 minutes.

3.2.1 Main Questions Used:

1. Can you describe your understanding of socio-scientific issues (SSI)?
2. How have you encountered SSI in your education or professional practice?
3. Are you willing to integrate SSI into your teaching? Why or why not?

4. What factors influence your decision to use SSI in your classroom?
5. What do you believe are the potential benefits of teaching with SSI?
6. How do you think SSI can impact students' learning and engagement?
7. What do you perceive as the potential disadvantages of teaching with SSI?
8. Have you faced any challenges when trying to teach SSI?
9. What obstacles do you think you might encounter if you want to integrate SSI into your teaching?
10. How do you think these obstacles could be overcome?

3.3 Sample

This study employed convenience sampling (Bryman, 2016). The sample (N=12) consists of 6 pre-service teachers, students of the Department of Pedagogy and Primary Education of the University of Athens (NKUA) and 6 in-service elementary school teachers.

Pre-service teachers sample: The student sample includes 2 males and 4 females. Three students are in their 2nd year, one in the 3rd year, one in the 5th year, and one in the 6th year. Four of the interviewed students are familiar with the natural sciences, while two are not.

In-service teachers sample: The teacher sample includes 1 male and 5 females. Two teachers are between 20-29 years old, three are between 30-39 years old, and one is over 40 years old. Two teachers have less than 2 years of teaching experience, two have 5-6 years of experience, and two have more than 10 years of experience. Three of the interviewed teachers have completed postgraduate studies, one is currently pursuing a postgraduate program, and two have not completed any postgraduate or doctoral studies.

3.4 Data Analysis

Data analysis in qualitative research can be approached using either the deductive method or the inductive method. The inductive method was employed in this study, as it is more commonly utilized than the deductive method in qualitative data analysis (Galanis, 2018; Tsiolis, 2011).

The twelve (12) interviews were transcribed and divided into two (2) groups: "pre-service teachers" and "in-service teachers," with six (6) interviews corresponding to each category. Each group of interviews was then independently processed by two (2) coders (authors of this paper). The four (4) research questions posed in the introduction served as a guide for coding, leading to the establishment of the following emerging categories based on the responses provided by the participants during the semi-structured interviews:

1. Knowledge regarding the nature of SSI
2. Willingness to implement SSI-based teaching in the classroom
3. Factors/Barriers affecting the implementation of SSI-based teaching in the classroom
4. Benefits of implementing SSI-based teaching in the classroom

The coders then started categorizing their data in the above categories. In each group of data (pre-service teachers and in-service teachers) a high degree of agreement was reached between the two coders (>96%). Any differences between coders were mainly focused on the extract of the text that should be included in each code and not on the kind of code itself.

Subsequently, the data categorization from the two researchers for each group of interviews was consolidated into a final text by another author so, finally, data from all interviews corresponding to each of the above sections were compiled into a new file.

4. RESULTS

4.1 Knowledge concerning the Nature of SSI

4.1.1 Pre-service teachers

From the content analysis of the interview data concerning pre-service teachers, it was found that four (4) out of six (6) are not adequately informed about the nature of SSIs, as they express uncertainty regarding its definition (Table 1). Of the participants, only two pre-service teachers attribute their familiarity with the term SSI to brief discussions during their secondary education (in high school) and at university; the remaining four have not encountered SSI within their studies. One pre-service teacher notes that there are related courses in their department, but they have not yet covered these topics. Despite the lack of information, four out of six participants appropriately describe SSI as issues related to society and science (Table 1). When asked for examples of SSI, four (4) students mentioned COVID-19 vaccines as an example, as it is an issue that has intensely concerned society, especially very recently. One out of six (6) students claim they cannot think of any example of SSI, while another one mentions examples that concern society solely and do not connect with science.

4.1.2 In-service teachers

Similar finding came out of the analysis of the data concerning in-service teachers. Three out of six in-service teachers are not sufficiently informed about the nature of SSI, as they express uncertainty regarding the definition. Conversely, three out of six teachers are familiar with the term SSIs. Nevertheless, all six teachers appropriately define SSIs as issues related to both society and science.

Regarding examples of SSIs, four out of six teachers could provide relevant examples, with most citing COVID-19 vaccines. One could not provide an appropriate example, and one mentioned examples that relate solely to societal issues without linking them to science.

4.2 Willingness to address SSI

4.2.1 Pre-service teachers

Focusing on the willingness to address SSI, the data analysis showed a high willingness among students to teach through SSIs, as all interviewees responded that they would choose this method of teaching. However, five (5) of the six (6) students stated that they would choose this approach for upper grades. Moreover, one of them considers that this type of teaching is suitable exclusively for secondary education classes.

Additionally, two (2) of the interviewees mentioned low self-confidence regarding their cognitive competence on SSI as a deterrent to their willingness to address them in class.

However, both stated that they believe they will acquire this knowledge during their studies and will manage to cope with it.

Other factors highlighted as crucial for their decision to teach through SSI included their personal interest and the interest of the students, the timeliness, and the accessibility of each SSI, the attitude of colleagues, and references in textbooks. (Table 1). Finally, it appeared that the majority were not concerned about a topic being controversial, as everyone except one stated that they would be willing to address even controversial issues in class.

Table 1- Indicative answers of the pre-service teachers corresponding to the theme-categories “Knowledge and Willingness” that emerged from the interviews’ analyses

Themes	Examples
Definition	<i>I have heard the term, but as a term, I don't know what exactly it means.</i>
“	<i>An issue, a problem, a condition that concerns society, the sciences, something for which we need to find a solution.</i>
“	<i>I don't know, science in... and well, practically, practically in society, I don't know.</i>
“	<i>Something that concerns what happens in society in combination with the sciences.</i>
“	<i>Issues concerning society and the social whole (?)</i>
Willingness – upper grades	<i>I think it's in the older grades, third, fourth, fifth, sixth, where children start to think, to wonder, to ask why this exists.</i>
“	<i>Okay, maybe not in the first grades for some topics, depending on the topic and again, but certainly from fourth grade onwards for many things. Anyway, children are looking for things themselves and listening to their parents, and of course, things like vaccines, children are aware of and have discussed and have questions about...</i>
Willingness - confidence	<i>At the moment, I don't have the cognitive background. I hope that as time goes by and through the school when I finish and with the master's degree I would like to do. I imagine that the first thing would be what other colleagues would do, whether I saw this within the school or in some group I would be in, in the media. I imagine that would be the first thing, and secondly, any textbook if it allows us to have material to talk about it (...). I would choose teaching through socio-scientific issues if it were something manageable for the children and I found something interesting.”</i>
Willingness – interest	<i>I would choose it if I found an interesting topic, so timely, maybe yes.</i>
Willingness - controversial	<i>Yes, why not? I would be. In elementary school, one reason more, it's a bit easier to bring it into the classroom.</i>
“	<i>Yes, always without offending anyone, without touching on anything, anyone badly.</i>

4.2.2 In-service teachers

Only two of the interviewees have previously addressed SSI in the classroom. Yet, they all expressed willingness to incorporate SSI into their teaching. Two indicated they would choose this method for older students, while three would apply it across all grades. Notably, one teacher considers primary education to be the most suitable stage for addressing SSIs, as it is not characterized by the intensified focus on exams seen in higher grades.

Four out of six teachers cited their confidence in their cognitive competence regarding the subject matter as a decisive factor affecting their willingness to engage with SSIs. “The only factor that discourages me and makes me not do it is my own lack of knowledge about these

issues. (...) But it's not about intelligence or not. I believe that if I sit down to work on an SSI, if someone helps me and explains it, I could definitely do it".

Other factors affecting the teacher's choice to address SSI in the classroom include personal interest from both the teacher and the students, the accessibility and relevance of the topic for the students, the social context, the socio-economic status of the students, the location of the school, and the cultural heritage of the area.

Regarding their willingness to address controversial issues, four teachers responded positively, emphasizing the necessity of discussing such issues in school as students encounter them in their daily lives. One teacher stated that, despite a general willingness to address sensitive issues, they would consider the classroom climate and assess the maturity of the class before addressing such topics. Moreover, one teacher expressed reluctance to address highly controversial issues, believing it is better to avoid disagreements in the classroom because primary school students are not yet ready to handle them. "Children are heavily influenced by their parents, their home environment, and I prefer more neutral responses. I don't want disagreements. Not that it's not normal, but let's start by looking at only the positive side of, for example, nanotechnology, and as they grow older, they'll see other perspectives. They're not ready yet".

As for the incorporation of SSIs into science lessons, one teacher showed more willingness to address social issues through other subjects (such as History) rather than through the sciences. Teachers predominantly refer to the humanities when asked for examples of implementing SSI teaching in the classroom. "While with social issues, we cover them in scientific contexts, we somewhat lose it... for example, we say that this is a way to teach other issues (purely social issues, gender issues, issues related to politics). For these, I follow this pattern: presenting the issue, discussing pros and cons, and analyzing it. It hasn't happened that the issue has been socio-scientific so far".

4.3 Recognized Pedagogical Value of SSI-based teaching

When asked whether teaching through SSI presents pedagogical benefits and whether it helps to promote additional skills compared to traditional teaching, all students and teachers who participated in this research responded positively. The skills mentioned can be divided into seven (7) categories (see Chart 1).

4.3.1 Pre-service teachers

Regarding the pre-service teachers who participated in this research, when asked to mention some of the skills that could potentially be developed through SSI-based teaching, three (3) out of six (6) referred to the importance of exposing students to a variety of perspectives on a topic. Four (4) out of six (6) pre-service teachers emphasize the contribution of SSI processing to developing skills in critical information processing and problem-solving, fostering critical thinking. Furthermore, three (3) pre-service teachers considered engaging children in argumentation processes as a benefit of SSI processing in the classroom, with one (1) of them also mentioned the impact of developing such skills on students' self-confidence. The development of collaboration and teamwork skills also appears to be an additional benefit of SSI processing, according to two (2) participants. However, three (3) students used language that possibly portrays the student as a passive receiver of information rather than an active

participant in dialogical processes. Additionally, four (4) students referred to the broader acquisition of knowledge about the respective issues that can be processed as a benefit of teaching through SSIs. Finally, five (5) out of six (6) students consider the awareness of students and the connection between school and society as a significant benefit of teaching through SSIs, e.g. "it's more important for the child to understand that school is also connected to the outside world, it's not just something like formulas and facts in history and that's it".

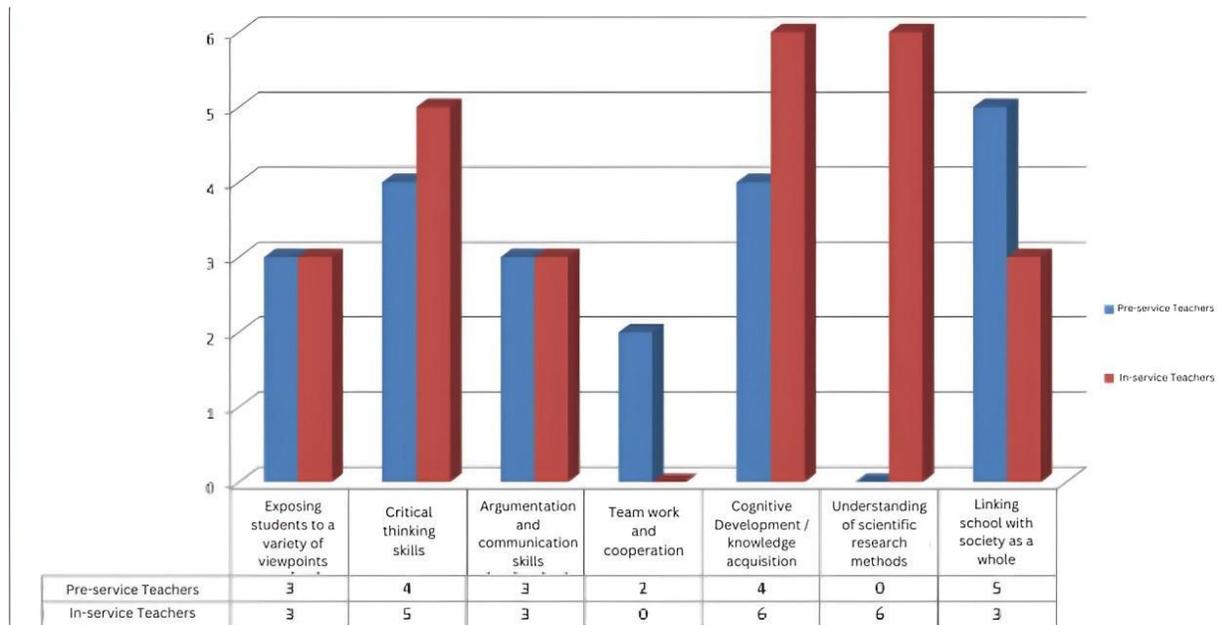


Chart 1 Categories of skills

4.3.2 In-service teachers

Regarding the skills that in-service teachers believe are enhanced through teaching using SSI, almost all participants (five out of six) refer to the development of critical thinking and information processing skills. Three out of six teachers recognize exposing students to various viewpoints on an issue as an important advantage of teaching through SSIs. Three out of six mentioned the connection between school and society as an important advantage of this type of teaching. All teachers who participated in the present study recognize that an important benefit of teaching through SSIs is not only the general acquisition of knowledge on the given topic but also the understanding of the research and methodology that experts in the relevant field follow. Finally, three out of six participants seem to view the student as a passive recipient of information, and did not mention the student as an active participant in dialogue and argumentation processes during the teaching process. Nevertheless, three out of six respondents briefly mentioned the development of communication skills and argumentation skills as a goal that can be pursued through SSI teaching. Of those, two mentioned the development of collaboration skills as a result of SSI teaching.

4.4 Factors Hindering the Choice of Teaching through SSI-based teaching

Despite the benefits recognized by all the participants in teaching through SSIs, several factors were identified as potential barriers to the adoption of this method both by pre- and in-service teachers. Analysis of the data reveals that the cognitive competence of the teacher regarding SSI emerges as the most significant obstacle that all pre-service and most in-service teachers believe they will face when teaching through SSIs (Table 3). Additionally, two (2) of the six (6) pre-service teachers and three of the in-service teachers mentioned that there is no framework for teacher training on these issues, and thus, they rely solely on self-education to increase their knowledge. The majority of participants (four out of six pre- and three out of six in-) consider the characteristics of the students themselves—such as their social context, cognitive level, and interest—as a decisive factor for choosing whether or not to teach through SSIs. Three out of six of the pre- and four out of six of the in- service teachers identify the potential reactions from the educational community (parents, other teachers, principals) or the broader society as a significant obstacle to teaching through SSIs. Two (2) participants of the pre- and three of the in- service teachers expressed concern that due to the controversial nature of these issues, there is a risk of creating tension within the classroom and disrupting the balance. Two (2) of each group expressed concern about the availability of supportive educational materials for SSIs and the need for alignment with the curriculum. Finally, two of the in-service teachers mentioned the lack of teaching time as a barrier to trying to implement this type of teaching.

Table 2- Indicative answers of the pre- and in-service teachers corresponding to the “Barriers affecting the processing of SSI in the classroom” that emerged from the interviews’ analyses

Themes	Frequency among pre-service (N=6)	Frequency among in-service (N=6)	Examples from pre- and in- service teachers
Teachers’ cognitive competence	6	5	-I would hesitate due to knowledge concerns because I don’t want to offer a solution to the children that might not be the appropriate one, given that we’re discussing sensitive topics. (pre) -I think it would be easier if it were closer to my interests so that I would feel more comfortable with the topic. That is, to be able to sit down and study it and believe that I am more competent to analyze it. (in)
No relevant training	2	3	-Because they definitely don’t teach us much at school or at the university later on regarding such issues. So, I think a bit of self-research is needed. (pre) -I don’t feel sufficiently prepared because the knowledge I have comes from individual research and study. (in)
Students’ background	4	3	-... you know how I judge the class, whether they can discuss an issue or not. (pre) - The social environment, the social surroundings, in my opinion... the children’s social starting point, so to speak, plays a huge role in their interests as well as the level of each class. (in)
Community reactions	3	4	- Children have not yet fully formed their character and stable views, and there might be reactions from parents and other teachers, so I think the children are not ready for this (pre)

Themes	Frequency among pre-service (N=6)	Frequency among in-service (N=6)	Examples from pre- and in- service teachers
Disruption of balance	2	3	-For some of these issues specifically, I would find parental opposition. (in) / -... there is no framework for protecting the teacher. (in) -If I know that there are people who will disagree or agree, it will also affect the situation (pre) -To avoid certain disagreements, I would suggest making it more neutral (in)
Supportive material / Curriculum	2	2	-And secondly, whether there is a handbook or material provided for us to discuss these issues (pre) - if it is referenced in some school textbook, so that we can take the cue from there and start analyzing it as part of the lesson (in)
Lack of time	-	2	-Another difficulty I would naturally face is teaching time. Teachers' schedules are very tight, the curriculum is enormous. So, often even though we want to, we cannot find the time ourselves to deal with such issues.

5. DISCUSSION

In this research, most of the pre-service and all the in-service teachers could adequately define SSI, and most could give some examples of SSI. Yet most of them claimed that they feel uncertain about the nature of SSI, and they declare that they have never been officially taught about them. This finding aligns with the research by Tidemand & Nielsen (2016), which concludes that teachers' understanding of SSIs is not ideal, and there are misconceptions about the content knowledge of SSIs (Bing and Enshan, 2021). Interestingly, most participants used COVID-19 as an example of an SSI. The recent context of COVID-19 and its management have highlighted the connections between science and society (Pietrocola et al., 2021).

Given that SSIs are based on controversial topics, teachers need to anticipate potential sources of conflict and address them using suitable pedagogical principles and skills (McCully, Smyth, & O'Doherty, 1999). Educators may strive to present a balanced view of each SSI (Oulton, Dillon, & Grace, 2004), which involves acknowledging multiple perspectives on the issue at hand. However, this stance affects the teacher-student relationship. Alternatively, a teacher might provide students with conflicting views on the specific SSI each time and also share their own opinion, clarifying that it does not mean it is the correct one (Oulton, Dillon, & Grace, 2004). In this study, however, one pre-service teacher, when explaining the definition of SSI, noted the view that these are issues that require a solution, "an answer." Therefore, there is a potential false perception that there is a "correct" answer to these issues.

Focusing on the willingness to address SSI, the data analysis showed a high willingness among pre-service and in-service teachers to teach through SSIs, as all interviewed responded that they would choose this teaching method. Similar results have been shown in previous studies with both pre-service teachers (Alaçam, 2011) and in-service teachers (Sadler, 2006). However, the vast majority of participants stated that they would choose to teach through SSIs for the higher grades of primary education or exclusively in secondary education, as opposed to the lower grades. Their reasoning for this stance is based on the belief that younger students

have not yet developed the capacity to reflect and think about complex issues and their insufficient exposure to such issues in an extracurricular context (e.g., discussions with parents, media exposure, etc.) The dependence of pre-service teachers' willingness to teach SSI on the maturity of students has also been confirmed by the research of Özden (2015). According to the literature in-service teachers as well believe that younger students do not have the maturity to handle discussions about SSIs (Kinskey & Zeidler, 2021; Borgerding & Dagistan, 2018).

Some of the interviewed teachers expressed their concern about whether they are adequate to teach SSI, and they claimed that they should study hard individually to prepare for each issue. Similar concerns about a sense of cognitive inadequacy were noted in the research of Sibic and Topcu (2020). Similar findings regarding the lack of confidence in cognitive competence among teachers concerning SSI teaching are reported by Bryce & Gray (2004). Building this confidence includes specialized training on SSIs, modifications to the curriculum to include more references to SSIs, and continuous self-improvement and openness to students' perspectives.

Many factors affect their choice to address SSI in the classroom, including personal interest, which has also been noted by Michaelidis & Stavrou (2016), the accessibility and relevance of the topic for the students, the social context, the socio-economic status of the students, the location of the school, and the cultural heritage of the area.

There are plenty of pedagogical benefits when SSI are approached. In our research the following emerged, and they are in accordance with the literature: 1. exposing students to a variety of perspectives on a topic (Seow & Ho, 2016; Espeja & Lagarón, 2015), 2. critical thinking competencies and navigating complex ethical terrains (Seow & Ho, 2016; Espeja & Lagarón, 2015; Zeidler & Nichols, 2009; Sadler et al., 2006), 3. argumentation process and debating skills (Kara, 2012), 4. cooperation, 5. acquiring scientific knowledge (Sadler et al., 2007; Bulte et al., 2006), 6. understanding scientific processes and Nature of Science (Ekborg et al., 2013), 7. connecting of the school with the society and applying science understanding in real life situations (Barrue & Able, 2013; Kara, 2012).

However, in agreement with other literature findings of Pitiporntapin, Yutakom & Sadler (2016) and Kilinc et al. (2017) we detect a gap between teachers' beliefs and their expectations. In the literature, teachers seemed to use SSIs mainly in the introductory part of their teaching plans and the role of the student in teaching was limited. Similarly, half of our pre-service and half of our in-service teachers used language that possibly portrays the student as a passive receiver of information rather than an active participant in dialogical processes.

While our findings question the assumption that teachers do not want to adapt their curricula to address more current issues (Leung, 2022), our research also sheds light on the obstacles teachers confront when they wish to teach SSI. First comes their cognitive competence and lack of relevant training. This is expected for university students who are in contact with their professional field for the first time and do not yet feel adequately prepared for it (Sibic & Topcu, 2020). Nevertheless, we acknowledge their confidence that they can handle SSIs after their studies. However, in-service teachers also mentioned the feeling of inadequacy of their knowledge as a deterrent to choosing SSI-based teaching even when they address controversial social issues in their teaching. This may be because a gap has been created between the natural and social sciences, so connecting them requires further

investigation and work by teachers to reveal these connections and create a more dialogic relationship between science, technology, and its development (Pietrocola et al., 2021).

Another factor mentioned as a barrier is concern about the potential reactions of the directly related social group to such teaching, especially when the issues addressed are particularly controversial. Specifically, concerns were raised about parents and other teachers. This is confirmed by the research of Cai & Tang (2021), which shows that the sense of community and collective engagement with new educational methods among teachers motivates each teacher who is part of this to adopt similar teaching methods.

Additionally, there was a fear of creating a tense atmosphere in the classroom during such teaching when students had different views on the issue at hand, which has also been reported by Borgering (2018). In contrast to research that highlights the lack of teaching time as a significant deterrent (Kara, 2012; Lee et al. 2006; Tidemand & Nielsen, 2016), only two respondents, both in-service teachers, mentioned it.

Additional factors are the students' background, lack of supportive material and connection with the curriculum. These barriers highlight teachers' challenges in implementing SSI-based teaching and suggest areas where additional support and resources may be necessary. Teachers can be trained and empowered to manage all the issues mentioned above.

Teachers seem to believe that younger students lack the maturity to engage in discussions about SSIs. This perspective may undervalue the capabilities of younger students and overlook the fact that SSIs are relevant to people's everyday lives, regardless of age. Additionally, responses regarding the approach to SSIs in the classroom suggest an attitude that underestimates the active role of students in the teaching process, primarily relying on a teacher-centered model. Specifically, half of the participants seemed to view SSIs as issues that they would explain to the students, thereby reducing them to passive receivers of information rather than as members of society capable of forming views and discussing them in class.

In conclusion, the findings of this study lead us to agree with the conclusion of Sadler et al. (2006), which emphasizes that promoting the processing of SSIs in the classroom requires resources and training programs specifically aimed at this goal. Specifically, we believe that programs need to be developed, implemented, and evaluated that promote connections between ethics and science, assist current and prospective teachers in addressing the challenges presented above, and provide high-quality resources for the conduct of teaching.

6. CONCLUSION

The findings of this study indicate that many pre-service and in-service teachers possess a basic understanding of SSIs but often lack confidence in their knowledge and training to effectively teach these topics. It is important to acknowledge that the small sample size (N=12) restricts the breadth of the study's conclusions and may limit the diversity of perspectives gathered. While the teachers in this study recognize the significance of using SSIs in their teaching, particularly for older students, there is a concern regarding the maturity of younger learners, which may diminish their engagement with these issues. Additionally, barriers such as feelings of inadequacy and apprehension about community reactions impede the incorporation of SSIs into the classroom. To overcome these challenges, it is vital to implement

comprehensive professional development initiatives that enhance educators' skills and empower them to facilitate dynamic discussions on SSIs, thereby bridging the gap between scientific knowledge and real-world applications in education.

7. IMPLICATIONS

The small sample size (N=12) could impact the generalizability of the findings, emphasizing the necessity for additional research involving larger populations. However, this study highlights the need for targeted professional development programs to support teachers in effectively implementing SSIs in their teaching. It underscores the importance of integrating SSIs into curricula across various educational levels and providing high-quality resources to facilitate this integration. Building supportive teacher networks and addressing student teachers' concerns about their preparedness for SSI-based teaching are also crucial. These measures will help enhance critical thinking and ethical reasoning among students, ultimately improving their engagement with real-world issues.

REFERENCES

- Alaçam Akşit, A. C. (2011). *The views of primary education pre-service teachers on socioscientific issues and their perspectives on the teaching of these issues*. Master thesis, Dokuz Eylül University.
- Barrue, C., & Albe, V. (2013). Citizenship Education and Socioscientific Issues: Implicit Concept of Citizenship in the Curriculum, Views of French Middle School Teachers. *Science & Education*, 22(5), 1089–1114. <https://doi.org/10.1007/s11191-012-9571-4>
- Bayram-Jacobs, D., Henze, I., Evagorou, M., Shwartz, Y., Aschim, E. L., Alcaraz-Dominguez, S., Barajas, M., & Dagan, E. (2019). Science teachers' pedagogical content knowledge development during enactment of socioscientific curriculum materials. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(9), 1207–1233. <https://doi.org/10.1002/tea.21550>
- Bencze, L., Sperling, E., & Carter, L. (2012). Students' Research-Informed Socio-scientific Activism: Re/Visions for a Sustainable Future. *Research in Science Education*, 42(1), 129–148. <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9260-3>
- Bencze, J. L., el Halwany, S., & Zouda, M. (2020). *Critical and Active Public Engagement in Addressing Socioscientific Problems Through Science Teacher Education* (pp. 63–83). https://doi.org/10.1007/978-3-030-40229-7_5
- Borgerding, L. A., & Dagistan, M. (2018). Preservice science teachers' concerns and approaches for teaching socioscientific and controversial issues. *Journal of Science Teacher Education*, 29(4), 283–306. <https://doi.org/10.1080/1046560x.2018.1440860>
- Breakwell, G. M., Hammond, S., Fife-Schaw, C., & Smith, J. A. (Eds.). (2006). *Research methods in psychology* (3rd ed.). Sage Publications, Inc.
- Bryce, T., & Gray, D. (2004). Tough acts to follow: The challenges to science teachers presented bybiotechnological progress. *International Journal of Science Education*, doi:10.1080/0950069032000138833
- Bryman, A. (2016). *Social research methods*. Oxford: Oxford university press.
- Cai, Y., & Tang, R. (2021). School support for teacher innovation: Mediating effects of teacher self-efficacy and moderating effects of trust. *Thinking Skills and Creativity*, 41, 100854. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100854>

- Chen, L., & Xiao, S. (2021). Perceptions, challenges and coping strategies of science teachers in teaching socioscientific issues: A systematic review. *Educational Research Review*, 32, 100377. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100377>
- Cypress B. S. (2015). Qualitative research: the "what," "why," "who," and "how"! *Dimensions of critical care nursing : DCCN*, 34(6), 356–361. <https://doi.org/10.1097/DCC.000000000000150>
- Emvalotis, A., Stamatis, C., Pavlidis, I., & Zacharis, G. (n.d.). Σύγχρονες ερευνητικές τάσεις και εκπαίδευση στις βιολογικές επιστήμες: Έρευνα και προσωπική επιστημολογία στις βιολογικές επιστήμες [Contemporary research trends and education in biological sciences: Research and personal epistemology in biological sciences]. University of Ioannina.
- Ekborg, M., Ottander, C., Silfver, E., & Simon, S. (2013). Teachers' Experience of Working with Socio-scientific Issues: A Large Scale and in Depth Study. *Research in Science Education*, 43(2), 599–617. <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9279-5>
- Espeja, A. G., & Lagarón, D. C. (2015). Socio-scientific Issues (SSI) in Initial Training of Primary School Teachers: Pre-service Teachers' Conceptualization of SSI and Appreciation of the Value of Teaching SSI. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 196, 80–88. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.07.015>
- Evagorou, M., Nielsen, J. A., & Dillon, J. (Eds.). (2020). *Science Teacher Education for Responsible Citizenship* (Vol. 52). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-40229-7>
- Galanis, P. (2018). Data analysis in qualitative research: Thematic analysis. *Archives of Hellenic Medicine*, 35(3).
- Georgiou, M. (2024). Widening Students' World Views via the Implementation of Socioscientific Issues in Educational Practice. In: Zeidler, D.L. (eds) *A Moral Inquiry into Epistemic Insights in Science Education. Contemporary Trends and Issues in Science Education*, vol 61. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-63382-9_10
- Georgiou, M., Mavrikaki, E., Halkia, K., & Papassideri, I. (2020). Investigating the impact of the duration of engagement in socioscientific issues in developing Greek students' argumentation and informal reasoning skills. *American Journal of Educational Research*, 8(1), 16-23.
- Hancock, T. S., Friedrichsen, P. J., Kinslow, A. T., & Sadler, T. D. (2019). Selecting Socio-scientific Issues for Teaching. *Science & Education*, 28(6–7), 639–667. <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00065-x>
- Kara, Y. (2012). Pre-service biology teachers' perceptions on the instruction of socio-scientific issues in the curriculum. *European Journal of Teacher Education*, 35(1), 111–129. <https://doi.org/10.1080/02619768.2011.633999>
- Kilinc, A., Demiral, U., & Kartal, T. (2017). Resistance to dialogic discourse in SSI teaching: The effects of an argumentation-based workshop, teaching practicum, and induction on a preservice science teacher. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(6), 764–789. <https://doi.org/10.1002/tea.21385>
- Kinsky, M., & Zeidler, D. (2021). Elementary Preservice Teachers' Challenges in Designing and Implementing Socioscientific Issues-Based Lessons. *Journal of Science Teacher Education*, 32(3), 350–372. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2020.1826079>
- Klosterman, M. L., Sadler, T. D., & Brown, J. (2012). Science Teachers' Use of Mass Media to Address Socio-Scientific and Sustainability Issues. *Research in Science Education*, 42(1), 51–74. <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9256-z>
- Kokolaki, A., & Stavrou, D. (2022). Pre-Service Primary Teachers Develop Teaching Artifacts on Contemporary Socioscientific Issues. *Journal of Science Teacher Education*, 34(3), 287–306. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2022.2078546>
- Kostromina, S., & Gnedykh, D. (2015). Type of Visualization and Quality of Digestion of Educational Information by Students. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 171, 340–349. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.131>
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331–359. <https://doi.org/10.1002/tea.3660290404>

- Lee, H., Abd-El-Khalick, F., & Choi, K. (2006). Korean science teachers' perceptions of the introduction of socio-scientific issues into the science curriculum. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 6(2), 97–117. <https://doi.org/10.1080/14926150609556691>
- Lee, H., Yoo, J., Choi, K., Kim, S.-W., Krajcik, J., Herman, B. C., & Zeidler, D. L. (2013). Socioscientific Issues as a Vehicle for Promoting Character and Values for Global Citizens. *International Journal of Science Education*, 35(12), 2079–2113. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.749546>
- Lee, H., & Witz, K. G. (2009). Science Teachers' Inspiration for Teaching Socio-scientific Issues: Disconnection with reform efforts. *International Journal of Science Education*, 31(7), 931–960. <https://doi.org/10.1080/09500690801898903>
- Leung, J. S. C. (2022). Shifting the Teaching Beliefs of Preservice Science Teachers About Socioscientific Issues in a Teacher Education Course. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 20(4), 659–682. <https://doi.org/10.1007/s10763-021-10177-y>
- Macalalag, A. Z., Johnson, J., & Lai, M. (2020). How do we do this: learning how to teach socioscientific issues. *Cultural Studies of Science Education*, 15(2), 389–413. <https://doi.org/10.1007/s11422-019-09944-9>
- Michaelidis, A., & Stavrou, D. (2016). Cutting-edge research and socio-scientific issues in the teaching of natural sciences. *Educational Sciences: Special Issue*, 73-95.
- Özden, M. (2015). *Prospective elementary school teachers' views about socioscientific issues: A concurrent parallel design study*. International Electronic Journal of Elementary Education
- Pietrocola, M., Rodrigues, E., Bercot, F., & Schnorr, S. (2021). Risk Society and Science Education. *Science & Education*, 30(2), 209–233. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00176-w>
- Pitiporntapin, S., Yutakom, N., & Sadler, T. D. (2016). Thai pre-service science teachers' struggles in using Socio-scientific Issues (SSIs) during practicum. In *Asia-Pacific forum on science learning and teaching* (Vol. 17, No. 2, pp. 1-20). The Education University of Hong Kong, Department of Science and Environmental Studies.
- Ratcliffe, M., & Grace, M. (2003). *Science Education for Citizenship: Teaching Socio-Scientific Issues*. New York: McGraw-Hill Education.
- Reis, P. (2014). *Promoting Students' Collective Socio-scientific Activism: Teachers' Perspectives*. In J. Bencze & S. Alsop (eds), *Activist Science and Technology Education*. Cultural Studies of Science Education, vol 9. Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4360-1_31
- Sadler, T. D., Amirshokohi, A., Kazempour, M., & Allspaw, K. M. (2006). Socioscience and ethics in science classrooms: Teacher perspectives and strategies. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 353–376. <https://doi.org/10.1002/tea.20142>
- Sadler, T. D., Barab, S. A., & Scott, B. (2007). What Do Students Gain by Engaging in Socioscientific Inquiry? *Research in Science Education*, 37(4), 371–391. <https://doi.org/10.1007/s11165-006-9030-9>
- Sadler, T. D. (2011). *Situating Socio-scientific Issues in Classrooms as a Means of Achieving Goals of Science Education*. In: Sadler, T. (eds) *Socio-scientific Issues in the Classroom*. Contemporary Trends and Issues in Science Education, vol 39. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-1159-4_1
- Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513–536. <https://doi.org/10.1002/tea.20009>
- Sá-Pinto, X., Beniermann, A., Børsen, T., Georgiou, M., Jeffries, A., Pessoa, P., Sousa, B., & Zeidler, D. L. (2022). Learning evolution through socioscientific issues. *UA Editora*. <https://doi.org/10.48528/4sjc-kj23>
- Seow, T., & Ho, L.-C. (2016). Singapore teachers' beliefs about the purpose of climate change education and student readiness to handle controversy. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 25(4), 358–371. <https://doi.org/10.1080/10382046.2016.1207993>
- Sofaer S. (1999). Qualitative methods: what are they and why use them? *Health services research*, 34(5 Pt 2), 1101–1118.

- Sibic, O. & Topcu, M.S. (2020). Pre-service science teachers' views towards socio-scientific issues and socio-scientific issue-based instruction. *Journal of Education in Science, Environment and Health (JESEH)*, 6(4), 268-281. DOI:10.21891/jeseh.749847
- Tidemand, S., & Nielsen, J. A. (2016). The role of socioscientific issues in biology teaching: from the perspective of teachers. *International Journal of Science Education*, 39(1), 44–61. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1264644>
- Tsiolis, G., Serdedakis, N., & Kallas, G. (2011). Research infrastructures and data in empirical social research. *Issues of recording, documentation, and analysis of social data*. Athens: Nisos.
- Zeidler, D. L., & Nichols, B. H. (2009). Socioscientific issues: Theory and practice. *Journal of Elementary Science Education*, 21(2), 49–58. <https://doi.org/10.1007/BF03173684>
- Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. v. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357–377. <https://doi.org/10.1002/sce.20048>

**USING ADAPTED PRIMARY LITERATURE TO INTRODUCE STUDENTS TO
SOCIOSCIENTIFIC ISSUES: A CASE OF LIGHT POLLUTION AND BIODIVERSITY**

UTILIZAÇÃO DA LITERATURA PRIMÁRIA ADAPTADA PARA INTRODUIR AOS ALUNOS QUESTÕES
SOCIOCIENTÍFICAS: UM CASO DE POLUIÇÃO LUMINOSA E BIODIVERSIDADE

USO DE LITERATURA PRIMARIA ADAPTADA PARA INTRODUCIR A LOS ESTUDIANTES A
CUESTIONES SOCIOCIENTÍFICAS: UN CASO DE CONTAMINACIÓN LUMÍNICA Y BIODIVERSIDAD

Gregor Torkar & Andreja Dolenc

University of Ljubljana Faculty of Education, Slovenia
gregor.torkar@pef.uni-lj.si

ABSTRACT | Socioscientific issues (SSI) provide a context for understanding scientific information in science education. Science education students learn not only what science is, but also how science is done. Adapted Primary Literature (APL) helps young people read scientific texts critically. Our research aimed to develop lower secondary school students' understanding of SSI through the introduction of APLs. Fifty Slovene students studied three APLs dealing with the effects of light pollution on birds, bats, and moths. The results show that students not only developed higher order thinking skills and scientific knowledge, but also showed further interest and confidence in studying APLs. This confirms that APL use is effective with lower secondary school students when the science articles are well adapted. This is important because it is during these years that students begin to develop their career awareness and become more capable of taking social perspectives and reasoning morally.

KEYWORDS: Adapted Primary Literature, lower secondary school students, science education, Socioscientific issues.

RESUMO | As questões sociocientíficas (SSI) fornecem contextos para compreender informação científica no âmbito da educação em ciências. Os estudantes aprendem o que é ciência e como esta é produzida. Literatura primária adaptada (APL) facilita a leitura crítica de textos científicos por parte dos jovens. O objetivo da nossa investigação foi estudar o desenvolvimento da compreensão de SSI por parte dos alunos do ensino básico através da introdução de APLs. Cinquenta alunos eslovenos estudaram três APLs que abordavam os efeitos da poluição luminosa em aves, morcegos e traças. Os resultados mostram que os alunos desenvolveram competências de pensamento de ordem superior e conhecimentos científicos e demonstraram maior interesse e confiança para estudar APLs, suportando a eficácia do uso de APLs com alunos do ensino básico. Isto é importante porque é nestas idades que os estudantes começam a desenvolver preferências relativamente à sua carreira e capacidades para adotar perspetivas sociais e raciocinar moralmente.

PALAVRAS-CHAVE: Literatura primária adaptada, Alunos do Ensino Básico, Educação em Ciências, Questões sociocientíficas.

RESUMEN | Las cuestiones sociocientíficas (SSI) ofrecen contextos para comprender información científica en la educación en ciencias, ayudando a los estudiantes a aprender qué es la ciencia y cómo se produce. La literatura primaria adaptada (APL) facilita la lectura crítica de textos científicos por los jóvenes. Este estudio investigó cómo las SSI se comprenden en la educación básica mediante la introducción de APLs. Cincuenta estudiantes eslovenos estudiaron tres APLs sobre los efectos de la contaminación lumínica en aves, murciélagos y polillas. Los resultados muestran que los estudiantes desarrollaron competencias de pensamiento de orden superior y conocimientos científicos, y demostraron mayor interés y confianza para estudiar APLs, lo que respalda la eficacia del uso de APLs con estudiantes de educación básica. Esto es importante porque es en estas edades cuando los estudiantes comienzan a desarrollar preferencias relacionadas con sus carreras y capacidades para adoptar perspectivas sociales y razonar moralmente.

PALABRAS CLAVE: La literatura primaria adaptada, Estudiantes de educación secundaria inferior, Educación en ciencias, Cuestiones sociocientíficas.

1. INTRODUCTION

Socioscientific issues (SSI) are a conceptual framework for science education researchers and practitioners, guiding theory, research, and practice to promote scientific literacy (Zeidler, 2014). SSI involve the intentional use of science topics that engage students in dialogue, discussion, and debate. They are often controversial in nature, but also require some degree of moral reasoning or evaluation of ethical concerns when making decisions about potential solutions to these issues. SSI are intended to be personally meaningful and engaging for students, demanding the application of evidence-based reasoning while providing a context for understanding scientific information (Zeidler & Nichols, 2009). Baram-Tsabari and Yarden (2005) emphasise that if we want to educate scientifically literate people, we must teach not only the nature of science (NOS), but also the processes of scientific inquiry. The use of SSI as a means of supporting students' learning about the NOS was one of the earliest focuses of SSI research (Zeidler et al., 2002).

Högström et al. (2024) conducted a systematic review of research on how SSI in science education practice is characterized in studies of teaching and learning from 1997 to 2021. Their findings show that much of the research revolves around the development of students' higher-order thinking skills and scientific content knowledge. Group discussions emerge as the primary teaching method, followed by inquiry where students critically assess information collected from theoretical and/or practical explorations. In this context, inquiry means that students take responsibility for interpreting, reviewing, and evaluating the information they need to be able to think about an issue. Inquiry-based work may include activities where students make observations, conduct interviews or experiments, collect data, or manipulate and process already collected data. The present study aims to contribute to the use of Adapted Primary Literature (APL) in addressing the negative impacts of light pollution on biodiversity, which is an important SSI. While artificial light has improved the quality of human life and is positively associated with security, wealth, and modernity, it has a negative impact on biodiversity (Hölker et al., 2010).

1.1 Adapted Primary Literature (APL)

Primary Scientific Literature (PSL) consists of original scientific texts found in journals, technical reports, proceedings, patents, and dissertations (Norris et al. 2009). PSL is written by scientists for scientists. The text genre is argumentative as it contains evidence supported by conclusions. Norris et al. (2009) point out that jargon and technical language are specific to the research field, which can be difficult for non-scientists to understand. Yarden et al. (2001) explain that Adapted Primary Literature (APL) was introduced to help non-scientists understand PSL. Students who study APL develop scientific literacy as they become familiar with the research plan, methodology, objectives, research questions, structure and language of scientific communication, critical evaluation of the conclusions of scientific research, and learn about the entire scientific research process. Since APL is addressing undergraduate (university) and upper secondary school students, its content is adapted to the comprehension level of the target audience (Yarden, 2009). Researchers (e.g., Norris & Phillis, 2003; Yarden, 2009; Brill et al., 2004) argue that there is an increasing gap between science, which is developed and discussed by scientists and is constantly evolving with new research and information, and school science, which is presented as a collection of facts and theories, mainly in the form of a textbook. Understanding

contemporary science is crucial, especially when it comes to SSI (Kinslow et al., 2019). APL and textbooks reflect the contrast between real science as understood by science disciplines and the school science taught to students. Osborn (2009) points out that it would be beneficial if young people learned to read scientific texts critically. If they learn about the complexity of scientific research, familiarize themselves with the ambiguity of scientific results, participate in formulating arguments, and express their critical opinions about research, they will be better equipped to interpret various accounts from the world of science (Norris et al., 2009).

Previous research confirms that the use of APL can have a positive impact on students' ability to apply scientific methods, analyse data, link the results obtained to theory, and better understand individual research phases and their significance (e.g., Ariely & Yarden, 2025; Baram-Tsabari & Yarden, 2005). By using APL in the classroom, not only we cover the content objectives of the curriculum, but also objectives related to the NOS (Ariely & Yarden, 2025; Hidayat et al., 2021; Norris et al., 2009; Yarden et al., 2016; Zer-Kavod, 2017). APL also has some disadvantages, as it usually only covers a small part of the learning content (objectives) of the curriculum (Lemus, 2020). Another disadvantage of teaching with APL highlighted in the literature is the lack of knowledge and research skills teachers need when creating learning units (Osborne, 2009; Lemus, 2020; Wilson & Dimitrova, 2022).

1.2 Research problem

In addition to scientific concepts and facts, the learning objectives of school science curricula emphasize the NOS, which cannot be effectively achieved through passive, transmissive teaching alone, but is better supported by inquiry-based learning (Newton et al., 2004; Pavlin et al., 2021).

As outlined in the *Primary School Science Syllabus* (2011), modern guidelines for science education in primary and secondary schools in Slovenia emphasize the development of scientific and environmental literacy. The syllabus highlights the importance of helping students understand the role of science in human progress and fostering a positive attitude toward themselves, the environment, and nature. Through inquiry-based learning, students acquire practical scientific knowledge and engage with socio-scientific issues (SSI), which they apply to identify and solve real-world problems. This process supports the development of critical and complex thinking, innovation, and creativity (*Primary School Science Syllabus*, 2011).

Teachers need to explicitly emphasize these aspects in their instruction and should provide opportunities for students to reflect on and explain their ideas, discuss them, and evaluate the consistency of their ideas with those of others (Schwartz & Lederman, 2002). APL has become an explicit approach to science literacy development in schools that mimics scientific inquiry to understand science concepts and how science works in general (e.g., Phillips & Norris, 2009; Seah, 2016; Yarden et al., 2001; Yarden et al., 2016).

1.3 Aim and research questions

The research aimed to develop lower secondary school students' understanding of SSI by introducing APL to address the impacts of light pollution on biodiversity. The following research questions (RQ) were addressed:

RQ 1: How does learning with APL affect students' knowledge about the SSI under consideration?

RQ 2: How does learning with APL improve the ability to read and understand scientific literature?

2. METHODOLOGY

2.1 Participants and data collection procedure

O'Leary (2007) defines action research as a research methodology aimed at facilitating professional or social change. The action research presented in this study was conducted with two seventh-grade classes (students aged 11-12) at a suburban school in central Slovenia. The primary objective was to investigate the efficacy of APL as a pedagogical method for teaching about SSIs. A total of 50 students were invited to participate in the action research.

Prior to the implementation of each APL, students' prior knowledge of the topics—birds, bats, moths, and light pollution—was assessed through pre-tests. The pre-tests consisted of six yes/no questions for each topic (e.g., "Does church lighting affect the number of bat colonies?"). Then, the students carefully read through the APLs, which were 3 pages long (Fig. 1, Appendix) and always contained at least one graph, table or other visual representation. Each APL was accompanied by a short worksheet with questions and tasks to guide the students to read the APL in detail. After each APL implementation, they answered an open-ended question: "Consider how a scientist would explain the effect of light on birds (after the 1st implementation); bats (after the 2nd implementation); moths (after the 3rd implementation)". Students evaluated five statements (Table 3) regarding the APL they had read using a 7-point Likert scale, where responses ranged from 1 (I do not like it at all) to 7 (I like it very much), with intermediate values representing varying degrees of preference (2 - I do not like it, 3 - I do not like it to some extent, 4 - undecided, 5 - I like it to some extent, 6 - I like it). Upon completion of each APL session, students participated in a post-test. During the post-test, they reviewed their responses to the pre-test questions and indicated any modifications or updates to their initial answers.

2.2 Adaptation of scientific literature

Yarden et al. (2016, p. 87) describe how primary scientific literature (PSL) can be adapted into adapted primary literature (APL), with modifications applied to specific components of the original article.

- First, the title should capture the student's interest in the article's content. During adaptation, the title may be slightly modified to remove technical terms that students might not understand; however, the core meaning of the original title must be preserved.
- Second, the abstract and keywords must reflect the adapted content of each section of the article. The abstract should include the standard elements—introduction, methods, results, discussion—and appropriate keywords.

- The introduction must also engage the reader's interest. It should clearly define the topic in relation to the research questions or hypotheses. The adaptation should be based on the prior knowledge of the target audience. The introduction typically ends with the research objectives or questions, which should be reformulated to suit the adapted article and the knowledge level of the audience.
- In the methods section of the APL, the methodology should be described in a way that is understandable to students, with technical procedural details omitted.
- The results section should present the main findings. Results that may be too complex or difficult to understand for the target audience can be simplified or omitted. For example, types of graphical representations may be adapted (e.g., Fig. 1).
- The discussion should include only the parts of the original PSL discussion that relate directly to the results included in the APL.
- Finally, a conclusion may be added to highlight the key findings, limitations, and uncertainties.

The process of adapting original research articles into APL is further discussed in Yarden et al. (2010).

Title

ALI LAHKO ZMANJŠAMO VPLIV UMETNE RAZSVETLJAVE NA NOČNE METULJE?

Prevedla in priredila: Andreja Dolenc

Abstract

Umetna svetloba negativno vpliva na biotsko raznovrstnost. Želeli smo ugotoviti, če tip osvetlitve vpliva na število nočnih metuljev, ki priletajo na osvetljeno cerkev. Prvotno razsvetlavo na 15-ih obzračnih cerkvah v Sloveniji smo zamenjali v modro ali rumeno razsvetlavo. V treh letih terenski raziskavi smo opazili približno 20 % vseh v Sloveniji živečih vrst metuljev. Modra in rumena osvetlitev je prinesla do šestkrat manj vrst in šestkrat manj osebkov nočnih metuljev v primerjavi s prvotno osvetlitvijo.

Keywords: svetlobna onesnaževanje, raznolikost nočnih metuljev, prileti na svetilno, umetna osvetlitev.

1. UVOD

našega planeta je ponoči zaradi človeškega delovanja umetno osvetljen. Delci osvetljenega vedno bolj narasča. Umetna razsvetljava ima več negativnih učinkov na nočne organizme in živa. Nočni metulji so ena najbolj vidno bogatih živalskih skupin. Nočni metulji so pomembni opozarjalci in so pomembne vrste drugim živalim. Z uvedanjem živečih nočnih metuljev so zato ogrožene tudi druge vrste in ekosistemi.

Znano je, da nočne metulje bolj privlačijo svetla z večjim deležem kratkovalovne svetlobe, predvsem ultravijolično (UV) svetlobo. V raziskavi so se raziskovalci osredotočili na osvetlitev cerkva, ki pogosto stojijo na izpostavljenih mestih v posebej občutljivih območjih. V Evropi je osvetljenih skoraj 3000 cerkva, kar predstavlja pomemben vir svetlobnega onesnaževanja in hkrati grožnjo lokalnim populacijam nočnih metuljev.

Na opravljenih terenskih raziskavi so prvič testirali prarodno rešitev za ohranjanje nočnih metuljev. Želeli so ugotoviti, ali s spreminjanjem vrste osvetlitve lahko zmanjšamo številčnost in raznolikost nočnih metuljev, ki jih privlačijo osvetljene cerkve.

2. METODA DELA

je bila izvedena v treh letih (2011–2013). V raziskavo je bilo vključenih pet cerkvenih tipov: 1, 2 in 3, glej sliko 1) z različnih geografskih območij v Sloveniji. Cerkve v cerkvenem tipu 1 so bile obzračne bližje drugim, da bi nadomestile učinek geografskega položaja na vzorčenje. Vse vključene cerkve so bile v sorazmerno tihih posebej občutljivih in zunaj večjih naselij, da bi se izognili motnjam z drugimi umetnimi viri svetlobe. Vsaka cerkev v troječku je bila v obdobju treh let vsako leto osvetljena z drugim tipom svetlobe. Pri tem so bili v vsakem troječku vsako leto trije različni tipi osvetlitev, s čimer so se izognili vplivu sezone. Popisi metuljev so potekali šestkrat letno v obdobju, ko je aktivnih največ vrst nočnih metuljev (od sredine maja do sredine septembra). Vsak popis je trajal 45 min. Popisi v cerkvah iste trojčke cerkva so bili opravljeni iste noči, vodo v enakem vrstnem redu. Na fassadi vsake cerkve je bila obložen vzorčni plošček, na njem je bila 20 m široka in 3 m visoka.



Slika 3: (A) Zemljevid vzorčnih krajev. (B) Osvetljevalna shema prikazuje vrste osvetlitve v vsaki cerkvi v treh zaporednih letih.

Popisi so vključevali šteje živečih nočnih metuljev in število vrst, ki jih je pritegnila osvetljena vzorčna ploščica. Glede na to, da na delovanje nočnih metuljev močno vplivajo vremenske razmere, so bili popisi opravljeni v odprtosti dežja in močnega vetra. Kljub temu so merili temperaturo, osončno opazovali, hitrost vetra in njegovo smer med vsakim popisom. Izgledalo so se obdobjem poone lune, saj je v tem obdobju umetna svetloba manj privlačna za nočne metulje.

3. REZULTATI

je bilo zabeleženih 548 vrst nočnih metuljev, kar je približno 20 % vseh znanih vrst nočnih metuljev v Sloveniji. Posamezna osvetljevanja so prinesla drugačno število metuljev in vrst nočnih metuljev (glej sliko 2 in 3). Prvotna osvetlitev ima širši spekter in se je obzabila kot najprivlačnejša za nočne metulje, saj je privabila skoraj šestkrat več osebkov in skoraj trikrat več vrst kot modra osvetlitev. Privabila je tudi šestkrat več osebkov in več kot šestkrat več vrst kot rumena osvetlitev. Med terenskim delom za raziskavo so bili opazni primeri smrti nočnih metuljev zaradi stika z lučmi, predvsem zaradi toplotne, ki jo oddajajo reflektorji, in zaradi pjenaste lege okoli luči.

4. DISKUSIJA

med evropskih vrst nočnih raznovrstnosti metuljev, saj ocenjujejo, da je število vrst približno petino vseh vrst nočnih metuljev v Sloveniji smo zabeležili v raziskavi, kar je skupni učinek osvetljenih cerkva na različnih nočnih metuljev. Med opaznimi vrstami so bili tudi ogroženi vrsti. V raziskavi smo potrdili, da z umetno zmanjšano osvetlitvijo cerkva lahko zmanjšamo število nočnih metuljev in vrst nočnih metuljev, ki jih privlačijo osvetljene cerkve. Osvetlitev z rumeno svetlobo je imela manjši vpliv na nočne metulje kot osvetlitev z modro svetlobo. To je posledica zmanjšanja svetlosti in nižjega deleža UV svetlobe v modri in rumeni osvetlitvi. Dodatno izboljšanje bi lahko dosegli z izklopom osvetlitve v poznih nočnih urah.

5. ZAKLJUČKI

Pravilna osvetlitev cerkva, ki jih privlačijo osvetljene cerkve, je pomembna za ohranjanje nočnih metuljev. Osvetlitev z rumeno svetlobo je imela manjši vpliv na nočne metulje kot osvetlitev z modro svetlobo. To je posledica zmanjšanja svetlosti in nižjega deleža UV svetlobe v modri in rumeni osvetlitvi. Dodatno izboljšanje bi lahko dosegli z izklopom osvetlitve v poznih nočnih urah.

6. SKLEPI

Umetna svetloba negativno vpliva na biotsko raznovrstnost. Želeli smo ugotoviti, če tip osvetlitve vpliva na število nočnih metuljev, ki priletajo na osvetljeno cerkev. Prvotno razsvetlavo na 15-ih obzračnih cerkvah v Sloveniji smo zamenjali v modro ali rumeno razsvetlavo. V treh letih terenski raziskavi smo opazili približno 20 % vseh v Sloveniji živečih vrst metuljev. Modra in rumena osvetlitev je prinesla do šestkrat manj vrst in šestkrat manj osebkov nočnih metuljev v primerjavi s prvotno osvetlitvijo.

Keywords: svetlobna onesnaževanje, raznolikost nočnih metuljev, prileti na svetilno, umetna osvetlitev.

1. UVOD

našega planeta je ponoči zaradi človeškega delovanja umetno osvetljen. Delci osvetljenega vedno bolj narasča. Umetna razsvetljava ima več negativnih učinkov na nočne organizme in živa. Nočni metulji so ena najbolj vidno bogatih živalskih skupin. Nočni metulji so pomembni opozarjalci in so pomembne vrste drugim živalim. Z uvedanjem živečih nočnih metuljev so zato ogrožene tudi druge vrste in ekosistemi.

Znano je, da nočne metulje bolj privlačijo svetla z večjim deležem kratkovalovne svetlobe, predvsem ultravijolično (UV) svetlobo. V raziskavi so se raziskovalci osredotočili na osvetlitev cerkva, ki pogosto stojijo na izpostavljenih mestih v posebej občutljivih območjih. V Evropi je osvetljenih skoraj 3000 cerkva, kar predstavlja pomemben vir svetlobnega onesnaževanja in hkrati grožnjo lokalnim populacijam nočnih metuljev.

Na opravljenih terenskih raziskavi so prvič testirali prarodno rešitev za ohranjanje nočnih metuljev. Želeli so ugotoviti, ali s spreminjanjem vrste osvetlitve lahko zmanjšamo številčnost in raznolikost nočnih metuljev, ki jih privlačijo osvetljene cerkve.

7. ZAKLJUČKI

Pravilna osvetlitev cerkva, ki jih privlačijo osvetljene cerkve, je pomembna za ohranjanje nočnih metuljev. Osvetlitev z rumeno svetlobo je imela manjši vpliv na nočne metulje kot osvetlitev z modro svetlobo. To je posledica zmanjšanja svetlosti in nižjega deleža UV svetlobe v modri in rumeni osvetlitvi. Dodatno izboljšanje bi lahko dosegli z izklopom osvetlitve v poznih nočnih urah.

8. SKLEPI

Umetna svetloba negativno vpliva na biotsko raznovrstnost. Želeli smo ugotoviti, če tip osvetlitve vpliva na število nočnih metuljev, ki priletajo na osvetljeno cerkev. Prvotno razsvetlavo na 15-ih obzračnih cerkvah v Sloveniji smo zamenjali v modro ali rumeno razsvetlavo. V treh letih terenski raziskavi smo opazili približno 20 % vseh v Sloveniji živečih vrst metuljev. Modra in rumena osvetlitev je prinesla do šestkrat manj vrst in šestkrat manj osebkov nočnih metuljev v primerjavi s prvotno osvetlitvijo.

Keywords: svetlobna onesnaževanje, raznolikost nočnih metuljev, prileti na svetilno, umetna osvetlitev.

1. UVOD

našega planeta je ponoči zaradi človeškega delovanja umetno osvetljen. Delci osvetljenega vedno bolj narasča. Umetna razsvetljava ima več negativnih učinkov na nočne organizme in živa. Nočni metulji so ena najbolj vidno bogatih živalskih skupin. Nočni metulji so pomembni opozarjalci in so pomembne vrste drugim živalim. Z uvedanjem živečih nočnih metuljev so zato ogrožene tudi druge vrste in ekosistemi.

Znano je, da nočne metulje bolj privlačijo svetla z večjim deležem kratkovalovne svetlobe, predvsem ultravijolično (UV) svetlobo. V raziskavi so se raziskovalci osredotočili na osvetlitev cerkva, ki pogosto stojijo na izpostavljenih mestih v posebej občutljivih območjih. V Evropi je osvetljenih skoraj 3000 cerkva, kar predstavlja pomemben vir svetlobnega onesnaževanja in hkrati grožnjo lokalnim populacijam nočnih metuljev.

Na opravljenih terenskih raziskavi so prvič testirali prarodno rešitev za ohranjanje nočnih metuljev. Želeli so ugotoviti, ali s spreminjanjem vrste osvetlitve lahko zmanjšamo številčnost in raznolikost nočnih metuljev, ki jih privlačijo osvetljene cerkve.

Figure 1 Example of an APL entitled “Can we reduce the impact of artificial lighting on moths?” (in Slovene language).

Initially, three relevant scientific articles examining the effects of light pollution on biodiversity were selected (Dominoni, 2017; Rydell et al., 2017; Verovnik et al., 2015). These articles were closely aligned with the learning objectives of the seventh-grade science curriculum. Based on their content, three APL (Adapted Primary Literature) units were developed, each focusing on the impact of light pollution on birds, bats, or moths (see [APL examples for light pollution and biodiversity](#)). The APLs were then tested with a separate class of seventh-grade students who were not involved in the action research. To ensure scientific accuracy, all adapted materials were reviewed by a life science expert.

2.3 Data analysis

Data entry and analysis were conducted using IBM SPSS Statistics 28 software. Basic descriptive statistics for numerical variables (mean, standard deviation, and frequency) were employed. Due to the non-normal distribution using the Shapiro–Wilk test ($p < 0.001$), nonparametric tests were used in the analysis of knowledge tasks. The significant differences in students' knowledge before and after using APL were evaluated using the Wilcoxon test (for paired samples). In addition, effect sizes r were calculated. The qualitative data were analysed using structured content analysis. The Structure of the Observed Learning Outcomes (SOLO) taxonomy, as outlined by Biggs and Collis (2014), was employed to analyze students' responses to the open-ended question. The SOLO taxonomy is a hierarchical framework designed to assess learning outcomes across various subjects and levels, and is applicable to assignments of varying complexity and duration (Biggs & Collis, 2014). The collected data were independently analysed and coded by two Slovenian researchers (95.5% agreement). In rare cases, any discrepancies in coding were resolved through discussion and consensus.

Table 1- Example of student responses when answering the open-ended question “Think about how a scientist would explain the effect of light on moths?” at the taxonomic levels of the SOLO taxonomy.

SOLO taxonomy	Examples of answers
1. Pre-structural Level	<i>With the help of data and graphs.</i>
2. Uni-structural Level	<i>There are fewer moths because of light.</i>
3. Multi-structural Level	<i>The impact of light is bad, as it attracts butterflies and reduces their diversity.</i>
4. Relational Level	<i>Different types of light have different effects on moths. Lighting with more short-wavelength light attracts moths more. Lighting with less short-wavelength light attracts moths less.</i>
5. Extended Abstract Level	<i>Light limits their habitat, living habits and their pollination, which has a very big impact. They are an important source of food for other organisms, which is not possible due to the lack of butterflies.</i>

3. RESULTS

3.1 Students' knowledge of the impact of light pollution on biodiversity

Table 2 show that there are statistically significant differences in students' knowledge about birds before and after the implementation of APL ($Z = -4.571$; $p < 0.001$), which deals with birds. The effect size r is moderate (0.46). Students showed better knowledge about birds after the implementation ($M = 4.9$; $SD = 0.98$) than before the implementation of APL ($M = 3.7$; $SD = 1.24$). There is also a statistically significant difference in knowledge about bats before and after the implementation of the APL ($Z = -4.980$; $p < 0.001$). The effect size r is large (0.50). Students showed

better knowledge about bats after the implementation (M=5.1; SD=1.11) than before the implementation of the APL (M=3.8; SD=0.85). There is also a statistically significant difference in the knowledge of moths before and after the implementation of the APL ($Z=-2.124$; $p=0.034$). The effect size r is small (0.21). Students showed better knowledge about moths after implementation (M=5.6; SD=0.57) than before implementation of the APL (M=5.3; SD=1.05).

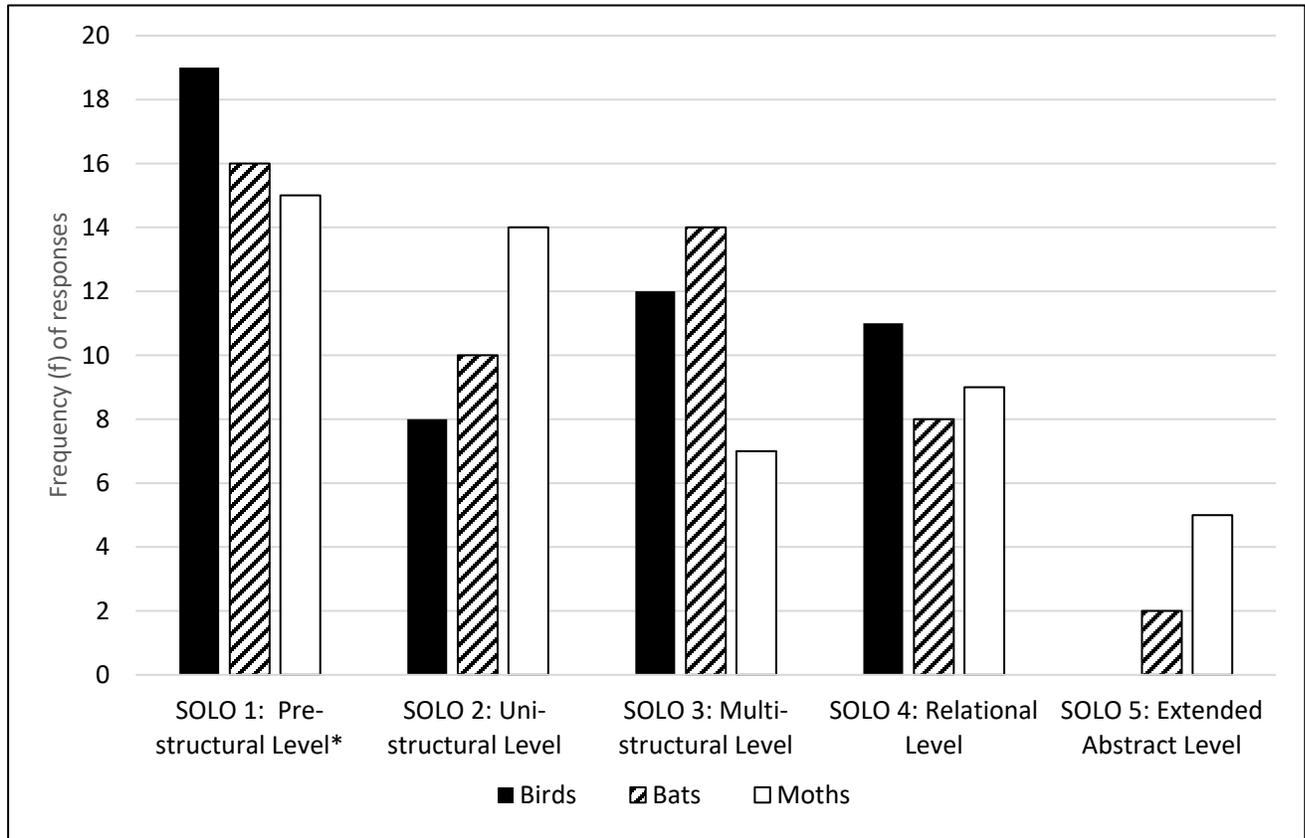
Table 2- Descriptive statistics and Wilcoxon test for knowledge covered by APLs.

Knowledge about the effects of light pollution on	Pre-test		Post-test		Z	α	r
	M	SD	M	SD			
birds	3.7	1.24	4.9	0.98	-4.571	< 0.001	0.46
bats	3.8	0.85	5.1	1.11	-4.980	< 0.001	0.50
moths	5.3	1.05	5,6	0.57	-2.124	0.034	0.21

After each implementation of APL, we asked students an open-ended question asking them to think about how a scientist would explain the effects of light on birds/bats/moths. Using the SOLO taxonomy (Biggs & Collis, 2014), the depth of students' knowledge as reflected in their response was analysed (Figure 2). The figure shows that a third of the students remained at the lowest level of the SOLO taxonomy (pre-structural level, SOLO 1). With the exception of one student, these were the ones who had misunderstood the question – in their answers they explained how scientists would present the results of their research, rather than how to scientifically explain the effects of light on birds/bats/moths (e.g., “I might explain this in interactive exercises or show a video”; “I would research first and write the important data in a graph”; “I would first describe how they measured and how they improved things. Then I would explain what results they got and what new things they found.”).

Therefore, in the following section only the remaining four levels of the taxonomy (SOLO 2-5) are described. The results show that 16.0% to 28.0% of students can identify singular aspects of knowledge, while their understanding is limited to isolated disciplinary knowledge (uni-structural level, SOLO 2). For example, a student has recognized the negative impact of light pollution on the number of moth species, but may not understand why this is happening. Between 14.0% and 28.0% of students were able to gather multiple pieces of information but have difficulty linking them coherently (multi-structural level, SOLO 3). For example, one student at this level wrote: "Birds behave differently when they are exposed to light at night. They reproduce 19 days earlier than forest birds and their activity is prolonged." Next, 16.0% to 22.0% of students begin to understand the relationships between facts and their knowledge becomes more complex (relational level, SOLO 4). For example, a student at this level wrote: "The light at night has a bad effect on bats. If it is too strong, they do not go hunting because they are too exposed. Mothers and young animals are particularly at risk because they do not get enough to eat." The final level is SOLO 5, the extended abstract level, in which students not only connect facts, but also extrapolate beyond the given context and formulate hypotheses (0 to 10.0% of students). For example: "Moths are important pollinators and a food source, which is why other

species are also endangered. Light affects moths because they are nocturnal and do not fly during the day. Artificial light therefore disturbs them. Spotlights can also kill them with their heat. We can help them by switching off all spotlights in the evening. After the second and third implementation, some students also reached SOLO 5.



*Students misunderstood the question asked - their answers explained ways in which a scientist would present the results of their research and not how to scientifically explain the effects of light on birds, bats or moths.

Figure 2 Frequency (f) of responses according to the SOLO taxonomy for students' knowledge of the impacts of light pollution on biodiversity.

3.2 Students' views on the use of adapted primary literature in the classroom

Table 3 shows that after each implementation of APLs (M=5.1; M=5.4; M=5.5), students achieved a higher mean value for the statement "I enjoyed reading the article describing the scientific research that was conducted". Students also achieved a higher mean value (M=5.5; M=5.7; M=5.8) for the statement "With the help of the article I read, I now better understand some of the effects of light on organisms" after each implementation.

Table 3- Descriptive statistics for statements about APL after each implementation.

Statements	After the 1st implementation of APL		After the 2nd implementation of APL		After the 3rd implementation of APL	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
I enjoyed reading the article describing the scientific research that was conducted.	5.1	1.72	5.4	1.81	5.5	1.39
I would also like to read articles written by scientists in class from time to time in the future.	5.4	1.74	5.2	1.75	5.6	1.50
Reading the article was very challenging for me.	3.7	1.84	3.7	1.78	3.2	1.83
Reading an article written by scientists was a new way for me to learn science and biology in school.	5.1	1.60	4.7	1.77	4.9	1.72
With the help of the article I read, I now better understand some of the effects of light on organisms.	5.5	1.39	5.7	1.34	5.8	1.27

A similar variation in mean values was also observed for the statement “Reading an article written by scientists was a new way for me to learn science and biology at school”. The mean value they reached after the first implementation ($M=5.1$) decreased after the second implementation ($M=4.7$) and increased after the third ($M=4.9$). On average, the students tended to agree more with the statement “Reading the article was very challenging for me” after the first and second implementation ($M=3.7$) and to a lesser extent after the third implementation ($M=3.2$). It can be concluded from the results that the students have acquired APL reading skills, which is why they found reading an article less difficult after the third implementation. During the group interviews, students pointed out a comparison between reading an APL and a textbook. They emphasized that what they liked about reading an APL was that other research articles were also presented, that they had all the collected information in one place, that they could read about "the original researcher's work", that they learned the basics of the research method, that the results were described in detail and presented graphically, etc. Some students prefer to learn

from the textbook because it is shorter, and the text is supported by many visuals. They were not sure what knowledge is assessed from APLs.

Once the students had familiarized themselves with the structure of the APL, they showed more and more interest in reading it. This is partly confirmed by the responses to the statement "I would also like to read articles written by scientists in class from time to time in the future", where the mean knowledge score decreased after the second implementation and increased after the third. The reason for this fluctuation could lie in the content of the APL itself. From the analyses of the group interviews, it can be concluded that the students want to read new APLs, but with different content (they emphasized other biological articles about the life of other animal species, about different ecosystems, the discovery of new species, and other scientific fields such as history and astronomy).

4. DISCUSSION

Reading is a multifaceted cognitive activity that involves complex processes such as comprehension, interpretation, and critical evaluation (Jeon & Yamashita, 2014). It is crucial for students to be exposed to a diverse array of text genres, including scientific texts, during their educational journey (Norris & Phillips, 2008). The first research question of this study sought to examine how learning with APL enhances students' reading comprehension and scientific literacy, particularly in the context of Socio-Scientific Issues (SSI). The findings of this study support previous research indicating that Slovenian lower secondary school students can effectively engage with SSI through the use of APL, consistent with studies conducted with older student populations (e.g., Ariely & Yarden, 2025; Yarden et al., 2016; Yarden, 2009; Zer-Kavod, 2017). These results suggest that APL can be a viable pedagogical tool for studying SSI in lower secondary education. A similar study conducted with seventh-grade students in Indonesia (Hidayat et al., 2021) also affirmed that engaging with, analyzing, and discussing APLs can serve as an effective method for rendering science education more authentic. Yarden (2009) highlights that incorporating APLs in the classroom can significantly improve students' ability to engage with scientific texts, as such texts require readers to accurately extract information, interpret arguments, and critically assess conclusions. Moreover, Ariely and Yarden (2025) demonstrated that exposure to scientific texts presenting opposing viewpoints, coupled with opportunities for critical discourse, enhances students' skills in evaluating information. This is particularly pertinent when dealing with the complex and often argumentative nature of SSI.

The second research question aimed to investigate students' perceptions of how learning through APL enhances their ability to read and comprehend scientific literature. The findings indicate that students expressed high levels of confidence in their learning outcomes following each APL reading. This is consistent with prior research, which has highlighted the positive impact of APL on the development of scientific literacy (Norris et al., 2009; Yarden et al., 2016; Zer-Kavod, 2017). Additionally, students reported that, after becoming familiar with the structure of APLs, their engagement with such texts increased. However, they also stressed the importance of the relevance and appeal of the content, suggesting that students' interest in APLs varies according to individual preferences and career aspirations. This differentiation in student interest aligns with Dillon and Manning's (2010) assertion that instructional design must be closely aligned with knowledge assessment. It is crucial that educators clearly communicate the learning objectives and assessment criteria before students engage with APLs, ensuring that they approach these

challenging texts with focus and motivation. This is particularly important, as APLs are among the most demanding texts students will encounter at this stage in their academic development.

The study was conducted with Slovenian students from a single urban school, which may limit the broader applicability of the results. To enhance the generalizability of the findings, future studies could expand the sample to include students from other Slovenian schools or from different countries, enabling comparisons of educational systems and cultural contexts. A notable limitation of the present study is the lack of a follow-up knowledge assessment (e.g., four weeks post-intervention), which could provide further insight into the retention of knowledge over time. Furthermore, additional qualitative data regarding students' conceptual understanding of the SSIs discussed would provide a more nuanced understanding of the research problem and contribute to a deeper interpretation of the findings.

5. CONCLUSION AND IMPLICATIONS

The present study provides evidence that Slovenian lower secondary school students are capable of learning about Socio-Scientific Issues (SSI) through the use of Adapted Primary Literature (APL). The majority of students not only demonstrated a solid understanding of the impact of light pollution on biodiversity but also expressed increased interest and confidence in engaging with APLs and scientific texts. The findings suggest that APL is an effective pedagogical tool for fostering higher-order thinking skills and enhancing scientific knowledge related to SSI.

While the majority of previous studies examining the use of APL in science education have focused on upper secondary school and university-level students (e.g., Brill et al., 2004; Ariely & Yarden, 2025), this study extends the applicability of APL to younger learners, provided that the science texts are appropriately adapted. This confirms that APL can be an effective teaching method for younger students when the complexity of the material is tailored to their developmental stage.

Curricula typically define the educational content that schools and teachers are required to teach, and teachers often use these frameworks to guide their instructional practices. As such, a clear alignment between learning objectives and SSI increases the likelihood that these topics will be integrated into lessons. This is exemplified by the inclusion of topics such as light pollution and biodiversity. These findings are particularly significant as it is during the lower secondary school years that students begin to develop greater career awareness and are more capable of adopting social perspectives and engaging in moral reasoning (Steinberg & Cauffman, 1996). Consequently, students at this stage are better equipped to engage with and understand the complexities of SSI within science education.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors acknowledge financial support from the core funding “Strategies for Education for Sustainable Development applying Innovative Student-Centred Educational Approaches” (ID: P5-0451), project “Developing the Twenty-first-century Skills Needed for Sustainable Development and Quality Education in the Era of Rapid Technology-Enhanced Changes in the Economic, Social and Natural Environment” (ID: J5-4573), both funded by the Slovenian Research Agency, and University of Ljubljana interdisciplinary preparative project Nanostructurome (ID: 802-12/2024-5).

REFERENCES

- Ariely, M., & Yarden, A. (2025). Promoting students’ critical evaluation of popular scientific articles: the influence of critical discussions using contradictory scientific texts of different genres. *International Journal of Science Education*, 1-26. <https://doi.org/10.1080/09500693.2025.2490778>
- Baram-Tsabari, A., & Yarden, A. (2005). Text genre as a factor in the formation of scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(4), 403–428. <https://doi.org/10.1002/tea.20063>
- Biggs, J. B., & Collis, K. F. (2014). *Evaluating the quality of learning: The SOLO taxonomy (Structure of the Observed Learning Outcome)*. Academic Press.
- Brill, G., Falk, H., & Yarden, A. (2004). The learning processes of two high-school biology students when reading primary literature. *International Journal of Science Education*, 26(4), 497–512. <https://doi.org/10.1080/0950069032000119465>
- Dillon, J., & Manning, A. (2010). Science teachers, science teaching: issues and challenges. In Osborne, J., & Dillon, J. (Eds.). *Good Practice in Science Teaching: What research has to say* (pp. 6–19). Open University Press.
- Dominoni, D. M. (2017). Ecological effects of light pollution: how can we improve our understanding using light loggers on individual animals? In E. Murgui & M. Hedblom (Eds.), *Ecology and Conservation of Birds in Urban Environments* (pp. 251–270). Springer International. https://doi.org/10.1007/978-3-319-43314-1_13
- Hidayat, T., Rustaman, N., & Siahaan, P. (2021). Adapted primary literature in authentic science: Students’ perception. *Journal of Science Learning* 4(4), 309–315.
- Högström, P., Gericke, N., Wallin, J., & Bergman, E. (2024). Teaching Socioscientific Issues: A systematic review. *Science and Education*, 1–44. <https://doi.org/10.1007/s11191-024-00542-y>
- Hölker, F., Wolter, C., Perkin, E. K., & Tockner, K. (2010). Light pollution as a biodiversity threat. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(12), 681–682. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.09.007>
- Jeon, E. H., & Yamashita, J. (2014). L2 reading comprehension and its correlates: A meta-analysis. *Language learning*, 64(1), 160–212. <https://doi.org/10.1111/lang.12034>
- Kinslow, A. T., Sadler, T. D., & Nguyen, H. T. (2019). Socio-scientific reasoning and environmental literacy in a field-based ecology class. *Environmental Education Research*, 25(3), 388–410. <https://doi.org/10.1080/13504622.2018.1442418>
- Lemus, B. W. (2020). *Using adapted primary science literature to enhance argumentation and reasoning skills in middle school students* [graduate Research Paper, University of Northern Iowa]. <https://scholarworks.uni.edu/grp/1347>
- Newton, P., Driver, R., & Osborne, J. (2004). The place of argumentation in the pedagogy of school science. In Gilbert, J. (Eds.). *The Routledge Falmer Reader in Science Education* (pp. 97–109). RoutledgeFalmer. <https://doi.org/10.1080/095006999290570>

- Norris, S. P., Falk, H., Federico-Agraso, M., Jiménez-Aleixandre, M. P., Phillips, L. M., & Yarden, A. (2009). Reading science texts-epistemology, inquiry, authenticity-a rejoinder to Jonathan Osborne. *Research in Science Education*, 39(3), 405–410. <https://doi.org/10.1007/s11165-008-9118-5>
- Norris, S. P., & Phillips, L. M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87(2), 224–240. <https://doi.org/10.1002/sce.10066>
- Norris, S. P., & Phillips, L. M. (2008). Reading as inquiry. In R. A. Duschl & R. E. Grandy (Eds.), *Teaching scientific inquiry* (pp. 233–262). Brill.
- O'Leary, Z. (2007). *The social science jargon buster: The key terms you need to know*. Sage.
- Osborne, J. (2009). The potential of adapted primary literature (APL) for learning: a response. *Research in Science Education*, 39(3), 397–403. <https://doi.org/10.1007/s11165-008-9117-6>
- Pavlin, J., Gostinšek Blagotinšek, A., & Krnel D. (2021). Učenje z raziskovanjem in njegovo poučevanje v visokošolskem prostoru. In Devjak, T. (Eds.). *Inovativno učenje in poučevanje za kakovostne kariere diplomantov in odlično visoko šolstvo: specialne didaktike v visokošolskem prostoru* (pp. 29–54). Pedagoška fakulteta. <https://doi.org/10.51746/9789617128215>
- Phillips, L. M., & Norris, S. P. (2009). Bridging the gap between the language of science and the language of school science through the use of adapted primary literature. *Research in Science Education*, 39(3), 313–319. <https://doi.org/10.1007/s11165-008-9111-z>
- Rydell, J., Eklöf, J., & Sánchez-Navarro, S. (2017). Age of enlightenment: long-term effects of outdoor aesthetic lights on bats in churches. *Royal Society Open Science*, 4(8), 161077. <http://dx.doi.org/10.1098/rsos.161077>
- Schwartz, R. S., & Lederman, N. G. (2002). “It's the nature of the beast”: The influence of knowledge and intentions on learning and teaching nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(3), 205–236. <https://doi.org/10.1002/tea.10021>
- Seah, L. H. (2016). Elementary teachers' perception of language issues in science classrooms. *Journal of Science and Mathematics Education*, 14(6), 1059–1078. <https://doi.org/10.1007/s10763-015-9648-z>
- Steinberg, L., & Cauffman, E. (1996). Maturity of judgment in adolescence: Psychosocial factors in adolescent decision making. *Law and Human Behavior*, 20(3), 249-272. <https://doi.org/10.1007/BF01499023>
- Učni načrt. Program za osnovno šolo. Naravoslovje. [Syllabus. Program for primary school. Science] (22. 1. 2011). Ministrstvo za šolstvo in šport: Zavod RS za šolstvo. https://www.gov.si/assets/ministrstva/MIZS/Dokumenti/Osnovna-sola/Ucni-nacrti/obvezni/UN_naravoslovje.pdf
- Verovnik, R., Fišer, Ž., & Zakšek, V. (2015). How to reduce the impact of artificial lighting on moths: A case study on cultural heritage sites in Slovenia. *Journal for Nature Conservation*, 28, 105–111. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2015.09.002>
- Wilson, M., & Dimitrova, T. (2022). Using Adapted Primary Literature in the Science Classroom. *The Science Teacher*, 90(1), 20–21. <https://doi.org/10.1080/00368555.2022.12293721>
- Yarden, A. (2009). Reading scientific texts: Adapting primary literature for promoting scientific literacy. *Research in Science Education*, 39(3), 307–311. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9124-2>
- Yarden, A., Brill, G., & Falk, H. (2001). Primary literature as a basis for a high-school biology curriculum. *Journal of Biological Education*, 35(4), 190–195. <https://doi.org/10.1080/00219266.2001.9655776>
- Yarden, A., Norris, S. P., & Phillips, L. M. (2016). *Adapted primary literature*. Springer.
- Zeidler, D. L. (2014). *Socioscientific Issues as a Curriculum Emphasis: Theory, Research and Practice. Handbook of Research on Science Education*. Routledge.
- Zeidler, D. L., & Nichols, B. H. (2009). Socioscientific issues: Theory and practice. *Journal of Elementary Science Education*, 21(2), 49–58. <https://doi.org/10.1007/BF03173684>

Zeidler, D. L., Walker, K. A., Ackett, W. A., & Simmons, M. L. (2002). Tangled up in views: Beliefs in the nature of science and responses to socioscientific dilemmas. *Science Education*, 86(3), 343–367. <https://doi.org/10.1002/sce.10025>

Zer-Kavod, G. (2017). *Designing and testing an Adapted Primary Literature-based technology-enhanced environment for learning and instruction of scientific writing in high-school biology* [Doctoral disertation]. Weizmann Institute of Science. <https://doi.org/10.34933/wis.000148>

CLIMATE CHANGE AS A SOCIO-SCIENTIFIC ISSUE IN SCIENCE EDUCATION - A SYSTEMATIC REVIEW

AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS COMO UMA QUESTÃO SOCIOCIENTÍFICA NO ENSINO DAS
CIÊNCIAS - UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

EL CAMBIO CLIMÁTICO COMO CUESTIÓN SOCIOCIENTÍFICA EN LA ENSEÑANZA DE LAS
CIENCIAS - UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

Zoi Chaniotou, Chrysoula Bardi & Martha Georgiou

Department of Biology, National and Kapodistrian University of Athens, Greece
martgeor@biol.uoa.gr

ABSTRACT | This paper explores the integration of climate change (CC) as a socioscientific issue (SSI) in education, highlighting its role in enhancing scientific literacy and informed decision-making. A review of literature published during the last five years was conducted, and 17 articles of interest were identified. It appeared that combinations of SSI with other pedagogical frameworks, such as STEAM or problem-based learning, and with modern digital tools, have been attempted. Teaching CC as a SSI was shown to improve students' argumentation skill, and the importance of ethical reasoning and environmental awareness in addressing CC was noted. However, challenges remain, such as providing teachers with sufficient training for including CC as SSI in their teaching practices. Ultimately, teaching CC as an SSI equips students with the necessary skills to address the complex environmental challenges of the 21st century, and therefore should be introduced in an institutionalized manner in the curricula.

KEYWORDS: Socioscientific issues, Climate change, Pedagogical frameworks, Scientific literacy, Environmental literacy.

RESUMO | Este artigo explora a integração das alterações climáticas (AC) como uma questão sociocientífica (QS) na educação, destacando o seu papel no reforço da literacia científica e da tomada de decisões informadas. Foi efectuada uma revisão da literatura publicada durante os últimos cinco anos, tendo sido identificados 17 artigos de interesse. Verificou-se que foram tentadas combinações de QS com outros quadros pedagógicos, como o STEAM ou a aprendizagem baseada em problemas, e com ferramentas digitais modernas. O ensino da AC como QS demonstrou melhorar a capacidade de argumentação dos alunos, tendo sido registada a importância do raciocínio ético e da consciência ambiental na abordagem das AC. No entanto, continuam a existir desafios, como o de proporcionar aos professores formação suficiente para incluir a AC como QS nas suas práticas de ensino. Em última análise, o ensino da AC como uma QS dota os alunos das competências necessárias para enfrentar os complexos desafios ambientais do século XXI, pelo que deve ser introduzido de forma institucionalizada nos currículos.

PALAVRAS-CHAVE: Questões sociocientíficas, Alterações climáticas, Quadros pedagógicos, Literacia científica, Literacia ambiental.

RESUMEN | Este artículo explora la integración del cambio climático (CC) como una cuestión sociocientífica (CS) en la educación, destacando su papel en la mejora de la alfabetización científica y la toma de decisiones informada. Se realizó una revisión de la bibliografía publicada en los últimos cinco años y se identificaron 17 artículos de interés. Se observó que se han intentado combinaciones de CS con otros marcos pedagógicos, como STEAM o el aprendizaje basado en problemas, y con herramientas digitales modernas. Se demostró que la enseñanza del CC como CS mejora la capacidad de argumentación de los estudiantes, y se señaló la importancia del razonamiento ético y de la conciencia medioambiental a la hora de abordar el CC. Sin embargo, sigue habiendo retos, como proporcionar a los profesores la formación suficiente para incluir el CC como CS en sus prácticas docentes. En última instancia, la enseñanza del CC como CS dota a los estudiantes de las habilidades necesarias para abordar los complejos retos medioambientales del siglo XXI, por lo que debería introducirse de forma institucionalizada en los planes de estudio.

PALABRAS CLAVE: Cuestiones sociocientíficas, Cambio climático, Marcos pedagógicos, Alfabetización científica, Alfabetización medioambiental.

1. INTRODUCTION

The integration of socioscientific issues (SSIs) into education, particularly science education, has gained traction as an effective approach to developing students' critical thinking, problem-solving, and decision-making skills (Zeidler & Nichols, 2009). In other words, it contributes to scientific literacy beyond Vision I (Roberts, 2007), i.e. the simple acquisition of knowledge about scientific concepts, phenomena and processes, giving room for expansion to Vision II and III which means knowledge applied to everyday life, critical citizenship and scientific "knowing-in-action" (Aikenhead, 2007). Climate change (CC), as a pressing global issue, serves as a powerful SSI that can enhance scientific literacy and foster active citizenship. This review examines recent literature on the incorporation of CC into educational settings, highlighting its benefits, challenges, and pedagogical strategies.

CC education is essential for preparing students to navigate and address the complex environmental challenges of the 21st century. According to Stevenson et al. (2017), integrating CC into the curriculum helps students understand the scientific principles underlying climate phenomena and the socio-economic impacts of climate-related issues. Moreover, it promotes awareness and responsibility, encouraging students to engage in sustainable practices and informed decision-making.

Moreover, research has shown that there are several benefits of using CC as an SSI in education: Zeidler and Nichols (2009) argue that addressing CC through SSIs enhances students' understanding of scientific concepts and processes, making them more scientifically literate. According to Sadler et al. (2011), discussing CC encourages students to evaluate evidence, consider multiple perspectives, and develop well-reasoned arguments. Education on CC also fosters a sense of responsibility and empowers students to participate in civic activities aimed at mitigating climate impacts (Wodika & Middleton, 2020).

Several pedagogical strategies have been identified for effectively teaching CC as an SSI: Ratinen (2021) highlights the use of inquiry-based learning to engage students in investigating climate-related questions, conducting experiments, and analysing data. Engaging students in debates and argumentation helps them articulate their views on climate issues and understand opposing viewpoints (Sadler, 2004). In addition, the affordances of digital tools, such as simulations and interactive platforms, in enhancing students' understanding of CC and its impacts have currently been discussed (Becker & Jacobsen, 2020).

Despite its benefits, integrating CC into education has been found to pose several challenges: CC is often a controversial topic, and students may hold misconceptions or be influenced by misinformation (Lombardi et al., 2021). In addition, many teachers do not feel adequately prepared to teach CC due to their lack of content knowledge or pedagogical skills as well. Finally, the rigid structure of some curricula may limit opportunities to incorporate SSIs (author, 2016, 2024; author, 2013) like CC into the classroom (Evagorou & Nielsen, 2020). Over the past five years, the frequency and intensity of extreme weather events have significantly increased, serving as tangible evidence of the accelerating impacts of climate change. From unprecedented heatwaves and devastating floods to record-breaking hurricanes and historic droughts, the world is undergoing a climate transformation that can no longer be ignored.

In 2025, South Korea experienced its most destructive wildfires in 25 years, resulting in 32 deaths and the destruction of thousands of buildings. Analysis by Climate Central confirmed that climate change had doubled the likelihood and increased the intensity of such fires (Reuters, 2025). Similarly, during the 2019–2020 season, Australia faced the "Black

Summer" fires that burned over 18 million hectares, killed 33 people, and led to the death or displacement of billions of animals (Herald Sun, 2023).

In 2024, extreme rainfall in Brazil's Rio Grande do Sul state caused deadly floods that killed at least 55 people and displaced more than 70,000 (BBC News, 2024). That same year, floods in India resulted in 1,878 deaths and major disruptions to everyday life and agriculture (The Times of India, 2024).

During April 2025, India and Pakistan endured temperatures exceeding 50°C, with severe shortages of drinking water and electricity (The Guardian, 2025). In Japan, the 2024 heatwaves caused hundreds of thousands of cases of heatstroke, with record-breaking temperatures reaching 49.9°C (The Guardian, 2025).

Tropical storms have also intensified. In July 2024, Hurricane Beryl became the first Category 5 hurricane ever recorded that month, with wind speeds surpassing 280 km/h (NOAA, 2024). Meanwhile, in the United States, Hurricanes Helene and Milton in 2024 caused damages exceeding 50 billion dollars (Climate Adaptation Platform, 2024).

Drought conditions have also worsened. In 2025, the Himalayas recorded the lowest snowfall in 23 years, threatening water supplies for nearly two billion people in Asia (Nature, 2025). Additionally, El Niño-induced drought affected countries in Africa such as Zambia, Malawi, and Zimbabwe, leading to severe food insecurity (WMO, 2024).

Lastly, ecosystem disruptions have become increasingly evident. A 2025 study on the Arctic revealed significant shifts in vegetation due to rising temperatures, with profound consequences for local communities and wildlife (The Guardian, 2025).

These examples highlight the growing severity of climate-related events worldwide. The scientific community agrees that this is a worsening trend affecting every continent and sector of life. Therefore, the integration of climate education in the school context and with appropriate pedagogical approaches, such as SSIs, are necessary and can potentially contribute to the formation of informed and engaged citizens capable of understanding and responding to the climate challenges of the 21st century.

Based on the points outlined above, this study aims to answer the following research question:

- How has climate change been used as a socioscientific issue in educational research for the last 5 years?

2. LITERATURE REVIEW

The role of moral reasoning in SSIs and their introduction to scientific education was first discussed in 2004 by Sadler and Zeidler. Since then, teaching SSIs has evolved beyond the traditional Science, Technology, and Society (STS) framework, empowering students to examine the ethical dimensions of science, thus moving away from sterile scientific knowledge. SSI education delves into the moral principles and virtues in scientific decisions and their relevance to students' lives (Zeidler et al., 2005).

In recent years, the scientific and educational communities have been increasingly focused on environmental education and the scientific literacy of students, as these are essential for their future as skeptical citizens with scientifically and ethically informed thinking (Sjöblom, 2023). This issue, although not new, seems to be gaining significant attention today due to the serious social problems that have arisen, such as the extreme weather changes (Herald Sun, 2023; BBC News, 2024; Climate Adaptation Platform, 2024; WMO, 2024). SSIs are controversial social issues related to science, which do not have a single solution and require the examination of multiple factors (ethical, moral, cultural, traditional, economic, political, environmental), as well as scientific understanding and social consensus for their resolution (Sadler & Zeidler, 2004). It is crucial that the reasons behind a series of arguments which lead to the most appropriate solution must be justified (Georgiou et al. 2020a, 2020b).

The UN's Sustainable Development Goals (SDGs) aim to address challenges like CC, guiding nations towards a sustainable future by 2030 (United Nations, n.d.). SSIs are instrumental in integrating SDGs into education through environmental literacy, crucial for achieving these goals. The alignment of SSIs with the SDGs lies in their shared focus on interdisciplinary approaches to complex global issues. SSIs and the SDGs emphasize informed decision-making, critical thinking, and responsible citizenship for sustainability and the improvement of society. The combination of scientific knowledge and social values and norms characterizes both, with the aim of sustainable, just solutions. These outcomes are applicable at local, societal, and global levels (Chowdhury et al, 2020).

Education (formal, non-formal, informal) plays a vital role in this. The introduction of CC into the educational curriculum of schools at all levels, as well as into many museums or other institutions, can contribute to the development of healthy environmental behaviour in students and a substantial understanding of climate-related issues (Tibola da Rocha et al., 2020). Approaching it also from the perspective of SSIs, students learn to utilize scientific data and consider all perspectives before arriving at a solution. Indeed, individuals who are willing to act and capable of making informed decisions represent the most critical prerequisites for a sustainable future (Sjöblom et al., 2023).

SSIs with topics as CC (and renewable energy) have been found to offer many benefits to students: they promote critical thinking, ethical decision-making, and the development of scientific literacy, raising awareness and shaping attitudes perceptions, values, and beliefs (Sadler & Zeidler, 2004; Lee & Grace, 2010). Those SSIs strengthen social engagement as students connect with broader global issues, aiding in understanding concepts and fostering responsible citizenship, ultimately leading to the development of informed individuals, critical for a sustainable future (Sjöblom et al., 2023).

Answering the research questions mentioned in detail above, this review covers various aspects of using CC as an SSI in education, drawing on recent literature to highlight its importance, benefits, pedagogical strategies, and challenges.

3. METHODOLOGY

For purposes of this study, a review of the literature relating to the subject was conducted according to the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) guidelines (Page et al., 2021) and includes a systematic literature review (SLR) through Google Scholar. Using the PRISMA method is highly recommended when conducting a systematic review, as it ensures transparency, rigor, and replicability throughout the review process. Compared to other frameworks, PRISMA provides a clear and standardized structure for identifying, screening, and including studies (Tricco et al., 2018), and it is widely endorsed by the scientific community for its methodological robustness. The selection of Google Scholar as the primary database for this systematic review was based on its broader coverage compared to other platforms such as Scopus or Web of Science. Given the narrow timeframe targeted by the review, our priority was to retrieve every potentially relevant publication. All identified records were subsequently screened and evaluated for eligibility in accordance with the PRISMA protocol.

In order to answer our research question, the main search terms used were “socioscientific issue (SSI)” and “climate change”. To avoid restriction of the results, instead of using the terms “socioscientific issues” or “socioscientific issue” or “SSIs” (plural-singular version), we decided to use only the singular version “SSI” since this term would not exclude the plural “SSIs”. Moreover, we searched for the terms “socioscientific” and “socio-scientific” without the word “issue-s”, even though it would retrieve results dealing with other correlates of the term, e.g. socioscientific reasoning, that we could later assess.

Consequently, the full search entry was allintitle: “ssi OR socioscientific OR socio-scientific” and “climate change”, i.e., “climate change” was the necessary phrase in the publication’s title, combined with the term “ssi” or “socio(-)scientific”. The choice of specifying a search in the title (rather than just in the body of the text) allowed us to focus the search on more specific articles, which probably better met the purpose of our work. Hence, focusing on titles allows for the retrieval of studies that are more likely to directly address the topic of the review—namely, the use of climate change as a socio-scientific issue in educational research, rather than isolated or more specialized aspects of it. While this approach may somewhat reduce the sensitivity of the search, it simultaneously increases its precision by narrowing the results to more clearly relevant publications.

The period chosen was 2019-2024. Although the research question refers to the last five years, we have included the year 2019 since 2024 had not yet been completed at the time of our research (mid-October 2024), so that we actually have a full five-year period 2020-2024. The choice of the last five years was also appropriate because during this period the phenomena and consequences of climate change became fully visible worldwide (e.g., extreme temperatures and unprecedented weather events) as mentioned in the introduction section (Herald Sun, 2023; BBC News, 2024; Climate Adaptation Platform, 2024; WMO, 2024).

Figure 1 illustrates the methodological path of the research. Initially the search focusing on titles yielded 40 publications. However, we excluded sources that were not relevant after reading the full text beyond the title (n=8) (i.e. papers with reference to climate change but not to socioscientific issues in an educational context), as well as research that was not published following a peer review process (n=4), research in a language other than English (n=2) and research that was not accessible (1). Finally, those results that were citations to other publications were removed as duplicate records (8). This resulted in a total of 17 publications.

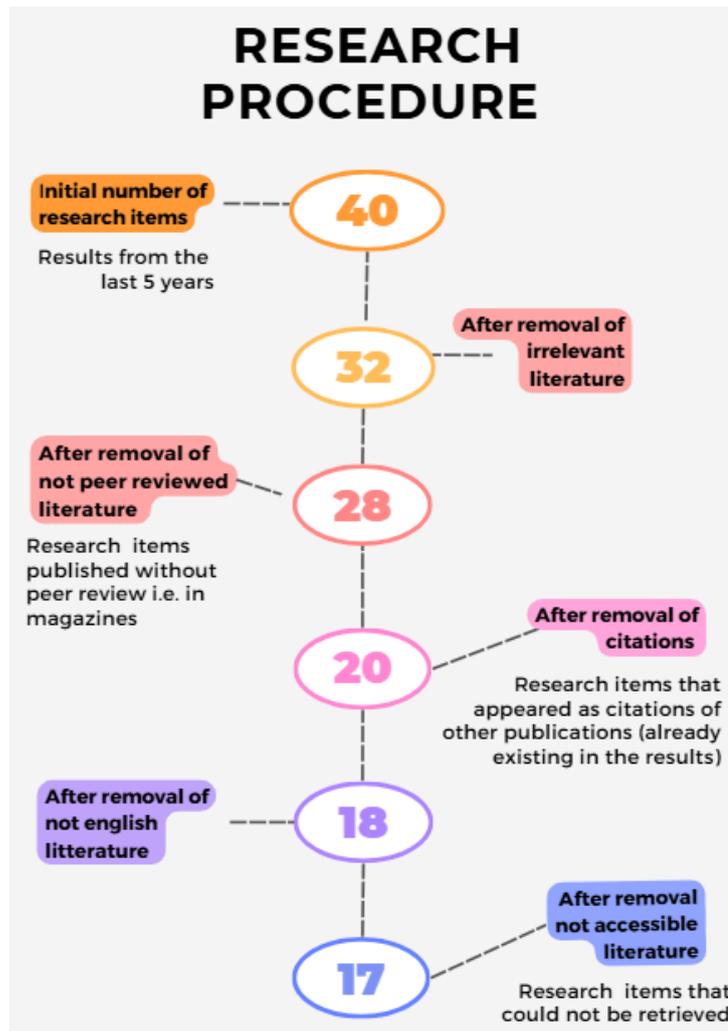


Figure 1 Methodological procedure of the research

4. RESULTS

As mentioned above, the search results yielded 17 publications related to the topic of our research. The analysis provided in Table 1 below includes the titles, authors, the date of publication, the country where the research was carried out, and a brief description of the topic of each article, with an emphasis on how CC is approached through SSIs and/or in combination with other methods. The reason for including the latter information is not only to provide an overview of the content of each article, but to shed light on how the topic of CC is approached in the classroom from the perspective of SSIs, and to clarify whether contemporary education researchers are attempting to combine different pedagogical approaches and frameworks with SSIs as regards CC. At the same time, where possible, notable findings were pointed out.

Table 1- Overview of publications with description and/or noteworthy finding(s)

No	Authors	Title	Country	Year	Description and/or noteworthy finding(s)
1	Dawson & Carson	Introducing argumentation about climate change socioscientific issues in a disadvantaged school.	Australia	2020	Teaching intervention for Year 10 students on the topic of CC and aiming at the development of socio-scientific argumentation.
2	Kristensen, & Knain	Which side are you on? The role of attitudes in reasoning practices in student-group interactions regarding a socio-scientific issue related to climate change.	Norway	2024	The importance of taking students' attitudes into account when organizing activities that address students' understanding of CC as a SSI and contribute to the development of a corresponding argumentation was pointed out.
3	Sanei, Kahn, Yalcinkaya, Jiang & Wang	Examining how students code with socioscientific data to tell stories about climate change.	USA	2024	A design-based research project was carried out in which high school students learned how to code and create data visualizations and stories with public data on climate change. Human impacts on carbon emissions were used as a framework. The findings suggest that the methodology used facilitated data-driven reasoning.
4	Choi, Won, Chu, Cha, Shin & Kim	The impacts of a climate change SSI-STEAM program on junior high school students' climate literacy.	Korea, Australia	2021	An educational program on the cultivation of climate literacy by combining SSI and STEAM was conducted with junior high school students, the results of which were positive.
5	Cheung, Pun & Li	Students' holistic reading of socio-scientific texts on climate change in a ChatGPT scenario.	China	2024	The impact of the use of ChatGPT and the information it provides on the understanding of the SSI of CC was studied and the findings drove a pedagogical model that improves students' holistic reading of socio-scientific texts generated by this tool.
6	Yoo, Kwak & Park	Analysis of argumentation structure in students' writing on socio-scientific issues (SSI): focusing on the unit of climate change in high school Earth Science I.	Korea	2020	In the context of the Earth Science lesson, the SSI of climate change was developed with an emphasis on global warming and the aim of developing a corresponding argumentation by the students.
7	Dawson & Eilam	Teachers' strategies to develop students' decision making skills using the socioscientific issue of climate change.	Australia	2022	Reference to the empowerment of decision-making through the study of SSIs linked to CC as one of the most important issues of the modern era and highlighting the role of teachers in this endeavor.
8	Putri, Tukiran & Nasrudin	The effectiveness of problem-based Learning (PBL) models based on socio-scientific issues (SSI) to improve the ability of science literacy on climate change materials.	Indonesia	2019	Determining the effectiveness of the problem-based learning model of SSI-based learning for improving the ability of scientific literacy in CC-related materials.
9	Powell	A socioscientific issue approach to understanding middle school students'	USA	2022	Enhancing knowledge about CC through SSI-based teaching intervention and improving the ability to produce persuasive writing on related topics.

No	Authors	Title	Country	Year	Description and/or noteworthy finding(s)
		beliefs and intentions toward climate change.			
10	Le	Keeping it cool: Approaching global climate change as a socioscientific issue to support science teachers looking to address the NGSS.	USA	2019	Proposal of a curriculum design for secondary education integrating the teaching of CC as a SSI e according to NGSS (Next Generation Science Standards) requirements and study of its implementation by teachers.
11	Won, Choi, Chu, Cha, Shin & Kim	A teacher's practical knowledge in an SSI-STEAM program dealing with climate change.	Korea	2021	Study of the teaching of CC through SSIs combined with a STEAM approach.
12	Asi, M., Retnoningsih, A., & Irsadi, A.	Effectiveness of interactive e-book global warming and climate change integrated socio scientific issues peat ecosystem.	Indonesia	2021	Materials on global warming and CC are included in an interactive e-book that integrates the peat ecosystem's SSIs. This study showed the effectiveness of the Integrated Interactive E-book SSI Ecosystem Peat on learning outcomes and students' environmental awareness attitudes.
13	Kim & Kim	Analysis of emotions of high school students participating in a school SSI club project related to climate change.	Korea	2020	Students' emotions became more positive when planning and participating in school-based SSI club project related to CC.
14	Kutluca, Çetin & Akbaş	Examination of the Evidences Used by the Secondary School Students in the Process of Socio-Scientific Argumentation: Example of Global Climate Change.	Turkey	2020	Examining students' argumentation skills in the context of SSIs with a case study on CC.
15	Yaumi, Y., & Taufikurohmah, T. (.)	Development of science learning material with socio-scientific issues (ssi) on climate change materials to improve science literacy of junior high school students.	Indonesia	2019	This research aims to produce IPA learning devices with the approach of SSIs on CC materials to improve the science literacy of Junior High School students.
16	Putri, S. I., Hamidah, I., & Liliawati, W.	Analysis of needs for development of android-based socioscientific issues teaching materials on the topic of climate change to improve students' decision-making ability.	Indonesia	2023	The study found low levels of students' ability to make decisions on CC issues, and proposed development of android-based SSI teaching materials on the topic to improve their decision-making skills.
17	Baek, S., Shin, H., & Kim, C. J.	Development of a climate change SSIBL-STEAM program aligned to the national curriculum for SSI elementary school in Korea.	Korea	2022	This study describes the development of a CC SSIBL-STEAM program aligned to the elementary school national curriculum using the ADDIE model for design. Students were found to have improved their STEAM competencies, as well as their perspectives relating to moral, emotional, and convergence factors.

5. DISCUSSION

Our search yielded 17 articles that present educational research on CC as an SSI. Geographically, all continents seemed to be represented, indicating that this topic has been of interest to scientists internationally, and that they have invested time in studying it. In fact, Asia shows the highest number of studies (11/17) for these last five years, while Europe shows the lowest.

It is also noteworthy that the vast majority of research has been focusing on students, and specifically on the effect of teaching interventions on them. From our analysis of the literature, what is both interesting and important for education researchers is the type of student competencies that are attempted to be developed in each study. Thus, it seems that argumentation is the main skill studied and sought to be developed through respective interventions (Dawson & Carson, 2020; Kristensen & Knain, 2024; Kutluca et al., 2020; Yoo et al., 2020); this is not a surprise, as it is known that teaching through SSIs can be extremely helpful in developing argumentation skills (Dawson & Venville, 2009; Erduran & Jiménez-Aleixandre, 2008; author, 2013; Georgiou et al., 2020a, 2020b). Therefore, once again, the close alignment and the suitability of enhancing argumentation development within the pedagogical framework of SSIs is demonstrated. On the other hand, content knowledge is a constant pursuit and is either eventually investigated per se (Kristensen & Knain, 2024; Powell, 2022), or can be a peripheral gain of an intervention that has a different main goal (Dawson & Eilam, 2022). Furthermore, the analysis and utilization of real data, as is well known, is a superior skill that, as educators, we want students to have. Thus, the combination of CC as an SSI with data-driven reasoning looks forward to exactly this, and has been the subject of research in the last five years (Sanei et al., 2024). Moreover, the research also identified different, rather daring, combinations of frameworks, e.g., with STEAM (Choi et al., 2021) or with problem-based learning (Putri et al., 2019).

In general, several of the articles refer to environmental literacy and the anxiety in the scientific community to develop this literacy in students as much as possible in order to develop their environmental awareness (e.g. Petri et al., 2019; Yoo et al., 2020; Asi et al., 2021) . It is obvious, then, why SSIs are studied and evaluated as an appropriate context since they strongly involve the moral and ethical dimension (Zeidler, 2024; author, 2024). This has led to some studies focusing on students' emotions (Kim & Kim, 2020) and the attitudes relating to concern for the environment they develop when engaged in CC SSIs (Asi et al., 2021).

In addition, in sync with our intensively digital age, some studies explored the possibilities of applying AI when studying CC in a socio-scientific light (Cheung et al., 2024), or even the use of an e-book (Asi et al., 2021). Proposals for developing appropriate android-based software (Putri, 2023) to enhance skills mentioned above (e.g., decision making) were also presented.

Although as previously noted the majority of the research focused on students, research was also identified that focused on teachers studying their own fluency as regards teaching CC as an SSI (Won et al., 2021). It has already been found that in general several teachers find it difficult to use this pedagogical framework, and therefore avoid it (Dawson, 2011; Sadler et al., 2006); this does not imply that this finding is universally true (Dawson, 2011), but it is certainly worthy of additional study. Finally, with this kind of facilitation in mind, i.e., ensuring appropriate conditions for SSI-based teaching of CC, a curriculum proposal following the principles of the NGSS (Next Generation Science Standards) was presented (Le, 2019).

While the reviewed studies offer valuable insights into teaching CC as a SSI, several important areas remain underexplored. Notably, there is limited investigation into how CC SSIs can be effectively integrated into early education levels or non-formal learning settings, such as museums (Georgiou et al., 2022) or community programs (e.g. citizen science). Additionally, although student competencies like argumentation and data-driven reasoning were frequently addressed, there is a lack of emphasis on students' decision-making processes in authentic social contexts or how these are influenced by cultural or socio-economic factors. Research on teachers was scarce and largely descriptive; thus, deeper studies into professional development models that support teachers in adopting SSIs, particularly in under-resourced or diverse classrooms, are needed. Finally, the ethical dilemmas and emotional challenges that arise when engaging with controversial CC topics in the classroom deserve more focused attention, as these are key to shaping responsible, critically aware citizens.

As regards our research, it is important to note that the results may be different to some extent if the search criteria are changed or broadened. It is likely that additional studies have been conducted on the same or a similar topic or approach, even if that was not their primary focus. As a result, the topic might not be explicitly mentioned in the article's title and therefore not captured by our search parameters.

Despite of these limitation, our study allowed to capture the trend of teaching CC, and analyse how was it combined with the pedagogical framework of SSIs as a means of shifting students' social awareness to a broader level. In other words, CC has been treated as a phenomenon of educational interest, and examining it as a SSI, its social dimension, which has at the same time a scientific background, becomes apparent; it is an issue which affects every living thing on the planet, and an issue which needs to be addressed collectively.

Although at first glance, the 17 articles published over the last five years may seem like a small number, we should give serious consideration to the findings of the review. We need to evaluate the positive trend it reveals and, of course, strengthen the study by enriching it with new research. This should always be done in the direction of promoting scientific literacy. Such literacy should not only relate to Vision I—meaning the basic acquisition of scientific knowledge, concepts, and processes—but even more so align with Vision II and Vision III. These latter perspectives emphasize the application of knowledge in real-life contexts, the development of critical citizenship, and scientific "knowing-in-action" (Roberts, 2007; Aikenhead, 2007; Zeidler & Sadler, 2023), all of which are necessary to address the needs of our time.

6. CONCLUSION AND IMPLICATIONS

It is quite encouraging that education scientists are interested in addressing the issue of CC and have conducted research on it worldwide. Our own research focused on the last five years, a time when extreme weather and environmental phenomena have exceeded even the imagination (disastrous windstorms, extensive wildfires, sweeping floods, record-breaking global temperatures, etc.) (e.g. Herald Sun, 2023; BBC News, 2024; Climate Adaptation Platform, 2024; WMO, 2024).

It is worth noting that researchers have commonly addressed the issue of CC in contexts other than SSIs, an engagement which results in educational benefits. However, it has been shown that the SSI framework can be combined with a number of other frameworks through the CC paradigm to yield educational benefits and gains. In addition the targeted

approach through SSI can go a step further by promoting the moral and ethical aspects of this issue.

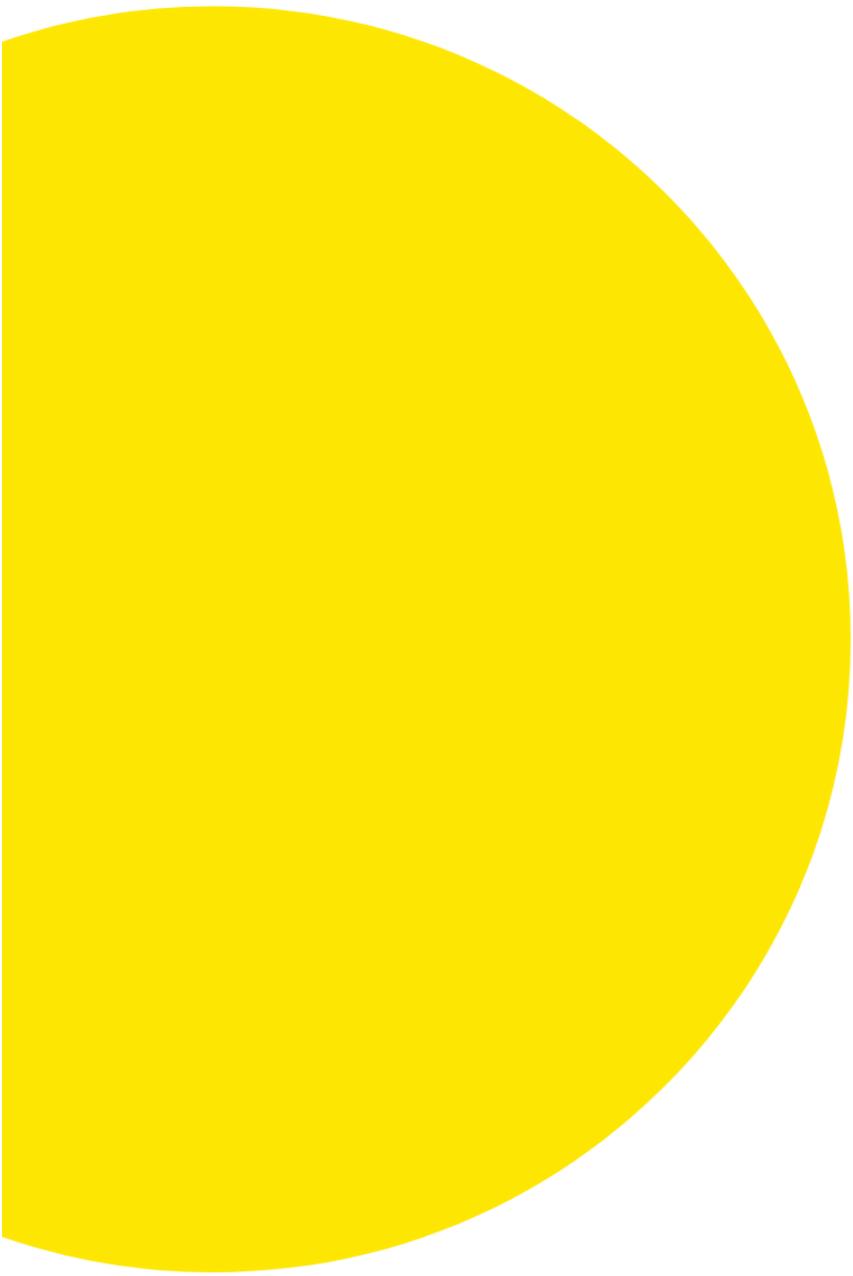
In conclusion, the integration of CC as SSI in education is crucial for the development of informed, responsible and active citizens. Although there are challenges in its implementation, the benefits for scientific literacy and active citizenship make it a valuable component of modern education. Thus, on the one hand, education researchers should focus on developing effective pedagogical strategies and supporting teachers in overcoming barriers to teaching CC. In this way, teachers will be better equipped to empower their students towards scientific literacy. Therefore, it is important for policymakers, and subsequently teacher trainers, to take the above into consideration by adopting the incorporation of SSIs, and more specifically SSIs that promote CC education, in curricula and teacher training programs.

REFERENCES

- Aikenhead, G. S. (2007). Expanding the research agenda for scientific literacy. In C. Linder et al. (Eds.) *Promoting scientific literacy: Science education research in transaction*. Upsala: Geotryckeriet.
- Asi, M., Retnoningsih, A., & Irsadi, A. (2021). Effectiveness of interactive e-book global warming and climate change integrated socio scientific issues peat ecosystem. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 7 (Special Issue), 240-244.
- Becker, S., & Jacobsen, M. (2020). Becoming a maker teacher: Designing making curricula that promotes pedagogical change. In *Frontiers in Education* (Vol. 5, p. 83). Frontiers Media SA.
- Cheung, K. K. C., Pun, J. K., & Li, W. (2024). Students' holistic reading of socio-scientific texts on climate change in a ChatGPT scenario. *Research in Science Education*, 54(5), 957-976.
- Choi, S. Y., Won, A. R., Chu, H. E., Cha, H. J., Shin, H., & Kim, C. J. (2021). The impacts of a climate change SSI-STEAM program on junior high school students' climate literacy. *Asia-Pacific Science Education*, 7(1), 96-133.
- Chowdhury, T. B. M., Holbrook, J., & Rannikmäe, M. (2020). Socioscientific issues within science education and their role in promoting the desired citizenry. *Science Education International*, 31(2), 203-208. <https://doi.org/10.33828/sei.v31.i2.10>
- Dawson, V. M. (2011). A case study of the impact of introducing socio-scientific issues into a reproduction unit in a catholic girls' school. In *Socio-scientific Issues in the Classroom* (pp. 313-345). Springer, Dordrecht.
- Dawson, V., & Carson, K. (2020). Introducing argumentation about climate change socioscientific issues in a disadvantaged school. *Research in Science Education*, 50(3), 863-883.
- Dawson, V., & Eilam, E. (2022). Teachers' Strategies to Develop Students' Decision Making Skills Using the Socioscientific Issue of Climate Change. In *Innovative Approaches to Socioscientific Issues and Sustainability Education: Linking Research to Practice* (pp. 331-347). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Dawson, V., & Venville, G. J. (2009). High-school Students' Informal Reasoning and Argumentation about Biotechnology: An indicator of scientific literacy? *International Journal of Science Education*, 31(11), 1421-1445.
- Erduran, S., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2008). *Argumentation in science education. Perspectives from classroom-Based Research*. Springer: Dordrecht.
- Evagorou, M., & Nielsen, J. A. (2020). Developing critical thinking through socioscientific issues in primary and secondary science education: A systematic review. *Studies in Science Education*, 56(1), 115-142.
- Georgiou, M. (2016) Students' ability to develop scientific arguments on biological issues with social implications - focused teaching intervention on biotechnology. Doctoral dissertation. National and Kapodistrian University of Athens. <https://freader.ekt.gr/eadd/index.php?doc=39526&lang=el>

- Georgiou, M. (2024). Widening Students' World Views via the Implementation of Socioscientific Issues in Educational Practice. In *A Moral Inquiry into Epistemic Insights in Science Education: Personal and Global Perspectives of Socioscientific Issues* (pp. 151-179). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Georgiou, M., Fonseca, M. J., Fortin, C., Turpin, S., & Roux-Goupille, C. (2022). SSI approach out of schools—How can these approaches be used in science museums and other non-formal education contexts? In X. Xa-Pinto, A. Bennierman, T. H. Børsen, M. Georgiou, A. Jeffries, P. Pessoa, B. Soussa, & D. Zeidler (Eds.), *Learning evolution through socio-scientific issues*. UA Editora. <https://doi.org/10.48528/4sjc-kj23>
- Georgiou, M., & Mavrikaki, E. (2013). Greek students' ability in argumentation and informal reasoning about socio-scientific issues related to biotechnology. In C. P. Constantinou, N. Papadouris, & A. Hadjigeorgiou (Eds.), *Proceedings of the 10th Conference of the European Science Education Research Association* (pp. 1158-1166).
- Georgiou, M., Mavrikaki, E. and Constantinou, C.P. (2020a) Is teaching Biology through socioscientific issues enough for the development of argumentation skills? In B. Puig, P. B. Anaya, M. J. G. Quilez, M. Grace (Eds.) *Biology Education Research. Contemporary topics and directions*. (pp. 177-186) Zaragoza, Spain: ERIDOB. ISBN: 978-84-16723-97-3
- Georgiou, M., Mavrikaki, E., Halkia, K., & Papassideri, I. (2020b). Investigating the impact of the duration of engagement in socioscientific issues in developing Greek students' argumentation and informal reasoning skills. *American Journal of Educational Research*, 8(1), 16-23. <https://doi.org/10.12691/education-8-1-3>
- Karışan, D., & Zeidler, D. L. (2024). Teaching socioscientific issues in the digital age: Emerging trends and unexplored frontiers. *Turkish Journal of Education*, 13(1), 92-109. <https://doi.org/10.19128/turje.1384524>
- Kim, J. H., & Kim, C. J. (2020). Analysis of emotions of high school students participating in a school SSI club project related to climate change. *Asia-Pacific Science Education*, 6(1), 70-96.
- Kristensen, H., & Knain, E. (2024). Which side are you on? The role of attitudes in reasoning practices in student-group interactions regarding a socio-scientific issue related to climate change. *International Journal of Science Education*, 46(7), 670-690.
- Kutluca, A. Y., Çetin, P. S., & Akbaş, M. (2020). Examination of the Evidences Used by the Secondary School Students in the Process of Socio-Scientific Argumentation: Example of Global Climate Change. *Bartın University Journal of Faculty of Education*, 9(1), 36-48.
- Le, K. T. V. (2019). *Keeping it Cool: Approaching Global Climate Change as a Socioscientific Issue to Support Science Teachers Looking to Address the NGSS*. University of California, Los Angeles.
- Lee, Y. C., & Grace, M. (2010). A professional development programme for enhancing teachers' understanding of students' learning of socio-scientific issues. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 2(1), Article 3. <https://doi.org/10.1186/s43031-020-00022-7>
- Lombardi, D., Sinatra, G. M., & Nussbaum, E. M. (2021). Promoting climate change understanding, affect, and action through critical evaluation of contrarian claims. *Journal of Experimental Education*, 89(3), 376-397.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Powell, W. A. (2022). A Socioscientific Issue Approach to Understanding Middle School Students' Beliefs and Intentions Toward Climate Change. In *Research Anthology on Environmental and Societal Impacts of Climate Change* (pp. 394-425). IGI Global.
- Putri, S. I., Hamidah, I., & Liliawati, W. (2023). Analysis of Needs for Development of Android-Based Socioscientific Issues Teaching Materials on the Topic of Climate Change to Improve Students' Decision-Making Ability. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(10), 8152-8159.
- Putri, P. D., Tukiran, T., & Nasrudin, H. (2018). The effectiveness of problem-based Learning (PBL) models based on socio-scientific issues (SSI) to improve the ability of science literacy on climate change materials. *Jurnal Penelitian Pendidikan Sains*, 7(2), 1519-1524.
- Ratinen, I. (2021). Primary student teachers' climate change conceptualization and implementation on inquiry-based and communicative science teaching: A design research. *International Journal of Science Education*, 43(1), 1-23.sa

- Roberts, D. A. (2007). Scientific literacy/science literacy. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 729–780). Mahwah: Lawrence Erlbaum.
- Sadler, T. D., Amirshokoochi, A., Kazempour, M., & Allspaw, K. M. (2006). Socioscience and ethics in science classrooms: Teacher perspectives and strategies. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 353-376.
- Sadler, T. D., Klosterman, M. L., & Topcu, M. S. (2011). Learning science content and socio-scientific reasoning through classroom explorations of global climate change. In *Socio-scientific issues in the classroom: Teaching, learning and research* (pp. 45-77). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2004). The morality of socioscientific issues: Construal and resolution of genetic engineering dilemmas. *Science education*, 88(1), 4-27.
- Sanei, H., Kahn, J. B., Yalcinkaya, R., Jiang, S., & Wang, C. (2024). Examining how students code with socioscientific data to tell stories about climate change. *Journal of Science Education and Technology*, 33(2), 161-177.
- Sjöblom, P., Wolff, L.-A., & Sundman, J. (2023). Climate change as a socioscientific issue in upper secondary education. In S.H. Klausen & N. Mård (ed.), *Developing a Didactic Framework Across and Beyond School Subjects* (182-196). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003367260>
- Stevenson, R. B., Nicholls, J., & Whitehouse, H. (2017). What is climate change education? *Curriculum perspectives*, 37, 67-71.
- Tibola da Rocha, V., Brandli, L.L., & Kalil, R.M.L. (2020). Climate change education in school: knowledge, behavior and attitude. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 21(4), 649-670. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-11-2019-0341>
- Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K. K., Colquhoun, H., Levac, D., ... & Straus, S. E. (2018). PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): Checklist and explanation. *Annals of Internal Medicine*, 169(7), 467–473. <https://doi.org/10.7326/M18-0850>
- United Nations. (n.d.). The 17 Goals. United Nations Sustainable Development. <https://sdgs.un.org/goals>
- Won, A. R., Choi, S. Y., Chu, H. E., Cha, H. J., Shin, H., & Kim, C. J. (2021). A teacher's practical knowledge in an SSI-STEAM program dealing with climate change. *Asia-Pacific Science Education*, 7(1), 134-172.
- Wodika, A. B., & Middleton, W. K. (2020). Climate change advocacy: Exploring links between student empowerment and civic engagement. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 21(6), 1209–1231. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-03-2020-0091>
- Yoo, B. H., Kwak, Y., & Park, W. M. (2020). Analysis of Argumentation Structure in Students' Writing on Socio-scientific issues (SSI): Focusing on the Unit of Climate Change in High School Earth Science I. *Journal of the Korean earth science society*, 41(4), 405-414.
- Zeidler, D.L. (2024). Moral Inquiry in the Practice of Socioscientific Issues. In: Zeidler, D.L. (eds) A Moral Inquiry into Epistemic Insights in Science Education. *Contemporary Trends and Issues in Science Education*, vol 61. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-63382-9_5
- Zeidler, D. L., & Nichols, B. H. (2009). Socioscientific issues: Theory and practice. *Journal of elementary science education*, 21(2), 49-58.
- Zeidler, D. L., & Sadler, T. D. (2023). Exploring and expanding the frontiers of socioscientific issues: Crossroads and future directions. In N. G. Lederman, D.L. Zeidler, & J.S. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education*, Volume III (pp. 899-929). Routledge.
- Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357-377. <https://doi.org/10.1002/sce.20048>



**PRÁTICAS EM EDUCAÇÃO EM
CIÊNCIAS, MATEMÁTICA E
TECNOLOGIA**

S2

—

**PRACTICES IN SCIENCE,
MATHEMATICS AND
TECHNOLOGY EDUCATION**

S2

Nesta secção serão apresentados relatos e caracterizações de práticas educativas ou apresentação de inovações ou projetos educativos em curso ou terminados em/sobre contextos formais ou não formais de Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia.

In this section will be presented papers reporting and characterizing educational practices, or presenting innovations, or ongoing, or completed educational projects in/about formal or non-formal contexts of Science, Mathematics and Technology Education.

En esta sección se presentarán reportes y caracterización de prácticas educativas o presentación de innovaciones o proyectos educativos en curso o terminados en/acerca de contextos formales o no formales de Educación en Ciencias, Matemáticas y Tecnología.

DESENVOLVER A ARITMÉTICA MENTAL ATRAVÉS DO ENSINO EXPLORATÓRIO COM SERIOUS GAMES

DEVELOPING MENTAL ARITHMETIC THROUGH EXPLORATORY TEACHING WITH SERIOUS GAMES

DESARROLLAR LA ARITMÉTICA MENTAL MEDIANTE LA ENSEÑANZA EXPLORATORIA CON JUEGOS SERIOS

Beatriz Guiomar¹, Yelitza Freitas¹, Ricardo Pinto^{1,2}, Elisabete Pinto³, Virgílio Rato¹ & Fernando Martins^{1,4,5,6}

¹Instituto Politécnico de Coimbra, Escola Superior de Educação de Coimbra, Portugal

²Associação Hypatiamat, Portugal

³Agrupamento de Escolas Rainha Santa Isabel, Escola Básica de Brasfemes, Portugal

⁴inED– Centro de Investigação e Inovação em Educação, Instituto Politécnico de Coimbra, Portugal

⁵Instituto de Telecomunicações, Delegação da Covilhã, Portugal

⁶SPRINT – Centro de Investigação & Inovação em Desporto, Atividade Física e Saúde, Portugal
bia.guiomar@gmail.com

RESUMO | A aritmética mental é uma competência base da Matemática e associa-se ao Cálculo Mental, uma vez que envolve resolver operações aritméticas mentalmente sem usar qualquer apoio escrito. Este artigo tem como objetivo apresentar uma prática de Ensino Exploratório para desenvolver a aritmética mental em alunos do 1.º ano de escolaridade, utilizando *Serious Games* da plataforma *Hypatiamat*. Esta prática educativa é composta por quatro sessões destinadas a desenvolver a aritmética mental dos alunos do 1.º ano de escolaridade, usando a operação adição. Todas as sessões foram organizadas com base nas práticas de Ensino Exploratório. Ao longo das quatro sessões, os alunos exploraram *Serious Games* que envolviam conceitos matemáticos relacionados com a adição. Estas sessões contribuíram para o desenvolvimento da aritmética mental dos alunos, verificando-se uma melhoria na compreensão da operação adição, no reconhecimento dos sentidos da adição e na diferenciação dos termos que compõem a mesma: parcela e soma.

PALAVRAS-CHAVE: *Serious Games*, Plataforma *Hypatiamat*, Operações Algébricas, Adição, Matemática Elementar.

ABSTRACT | Mental arithmetic is a basic skill in mathematics and is associated with mental calculation since it involves solving arithmetic operations mentally without using any written support. This article aims to present an Exploratory Teaching practice to develop mental arithmetic in 1st-grade students, using *Serious Games* from the *Hypatiamat* platform. This educational practice comprises four sessions aimed at developing the mental arithmetic of 1st-grade students, using the addition operation. All the sessions were organized based on Exploratory Teaching practices. Throughout the four sessions, the students explored *Serious Games* involving mathematical concepts related to addition. These sessions contributed to the development of the students' mental arithmetic, with an improvement in their understanding of the operation addition, in recognizing the meanings of addition, and in differentiating the terms that make up addition: addend and sum.

KEYWORDS: *Serious Games*, *Hypatiamat* Platform, Algebraic operations, Addition, Elementary Mathematics.

RESUMEN | El cálculo mental es una habilidad básica de la Matemática y está asociada al cálculo mental, ya que consiste en resolver operaciones aritméticas mentalmente sin utilizar ningún soporte escrito. El objetivo de este artículo es presentar una práctica docente exploratoria para desarrollar el cálculo mental en alumnos de 1.º de primaria, utilizando *Serious Games* de la plataforma *Hypatiamat*. Esta práctica educativa se compone de cuatro sesiones dirigidas a desarrollar el cálculo mental de alumnos de 1.º de primaria, utilizando la operación de la suma. Todas las sesiones se organizaron a partir de prácticas de Enseñanza Exploratoria. A lo largo de las cuatro sesiones, los alumnos exploraron *Serious Games* que involucraban conceptos matemáticos relacionados con la suma. Estas sesiones contribuyeron al desarrollo de la aritmética mental de los alumnos, con una mejora en la comprensión de la operación suma, en el reconocimiento del significado de la suma y en la diferenciación de los términos que la componen: sumando y suma.

PALABRAS CLAVE: *Serious Games*, Plataforma *Hypatiamat*, Operaciones algebraicas, Adición, Matemática Elemental.

1. INTRODUÇÃO

A matemática é uma área presente, direta ou indiretamente, no nosso quotidiano, assim, é importante que os alunos desenvolvam competências neste domínio para que se construam bases na educação matemática (Ramos et al., 2020). É através da contagem que os alunos iniciam o reconhecimento de aritmética, construindo desta forma as bases da aritmética (NCTM, 2008). A arimética mental é considerada uma das competências bases da matemática, associando-se ao Cálculo Mental (Rathgeb-Schnierer & Verde, 2019). Assim, é importante que a aritmética seja estimulada desde muito cedo para que o aluno consiga, mais tarde, desenvolver o cálculo mental (Shavkatovna & Gulbahor, 2021).

Ao longo dos anos, a utilização das novas tecnologias na educação tem sido cada vez mais frequente, preparando assim os alunos para os desafios da sociedade, resultantes da evolução científica e tecnológica (Moreira et al., 2020). As Novas Aprendizagens Essenciais de Matemática (ME, 2021) realçam o uso de ferramentas tecnológicas, referindo que estas “devem ser consideradas como recursos incontornáveis e potentes para o ensino e a aprendizagem da Matemática” (p. 6). Deste modo, é fulcral seleccionar “os artefactos digitais que evidenciam um maior potencial para a aprendizagem da matemática e quais as metodologias que melhor se adequam a esse propósito” (Martins, 2020, p.75).

A utilização de Artefactos Digitais (AD) tem vindo a desempenhar um papel fundamental na Educação Matemática e nos ambientes de aprendizagem, colocando o aluno a fazer parte da construção do seu conhecimento (Moorhouse & Wong, 2022). Existe uma variedade de AD que podem contribuir para o sucesso da aprendizagem da Matemática (Costa et al., 2021). Como exemplo, temos a variedade de AD da Plataforma *Hypatiamat* (PH) que têm sido utilizados para favorecer o ensino e a aprendizagem da Matemática (Ferreira et al., 2024; Freitas et al., 2023). De entre os AD desta plataforma, estão os *Serious Games* (SG), utilizados para desenvolver o Cálculo mental dos alunos e a aritmética mental (Escaroupa, 2023; Gomes, 2023). O interesse e a motivação são duas potencialidades do jogo e desta forma pode ser utilizado em ambientes de aprendizagem (Fernández-Sánchez et al., 2023).

Assim, este trabalho apresenta uma prática educativa implementada por uma Professora Estagiária (PE), com base no modelo de Práticas de Ensino Exploratório (PEE) estabelecido por Canavarro et al. (2012). A implementação ocorreu com alunos do 1.º ano de escolaridade de uma turma mista do 1.º Ciclo do Ensino Básico (CEB), com idades compreendidas entre os seis e setes anos, numa escola pública de uma cidade da zona centro de Portugal. Os alunos envolvidos apresentavam dificuldades na aritmética mental com a operação adição, no reconhecimento dos sentidos da adição e na diferenciação dos termos parcela e soma. Estas dificuldades foram mapeadas no período de observação do estágio curricular. Neste sentido, o principal objetivo desta prática educativa foi desenvolver a aritmética mental dos alunos e colmatar as suas dificuldades, recorrendo a quatro *Serious Games* da Plataforma *Hypatiamat*. Nesta prática educativa foram propostas tarefas com recurso a um SG diferente para cada sessão. Durante cada sessão as tarefas foram realizadas em pares e o momento de discussão e sistematização das aprendizagens matemáticas foram realizadas em grande grupo.

Este exemplo prático apresenta uma forma de promover a aritmética mental nos alunos através da utilização de SG da PH, com base no modelo de PEE.

2. FUNDAMENTAÇÃO E CONTEXTO

2.1 Aritmética Mental

A palavra “aritmética” deriva do grego “arithmós”, que significa “quantidade” ou “número” e tem como finalidade estudar as propriedades dos números e as operações que podem ser realizadas com estes (Seabra et al., 2010). Van den Heuvel-Panhuizen (2008) refere que a aritmética mental é um cálculo hábil e versátil baseado nas relações numéricas conhecidas e características numéricas, ou seja, caracteriza-se pela forma como usamos as propriedades das operações e as suas relações numéricas, como, por exemplo, a relação inversa de uma operação (e.g. se $42 - 37 = 5$ então $37 + 5 = 42$ e $42 - 5 = 37$). Assim, a aritmética mental define-se como o modo como operamos os algarismos para chegar a um resultado/solução de forma rápida e flexível, sem usar lápis, papel e calculadora (Van den Heuvel-Panhuizen, 2008). Neste sentido, a aritmética mental contribui para o desenvolvimento cognitivo, melhorando desta forma, a concentração e a capacidade de raciocínio matemático (Holzmann et al., 2021). Esta pode ser desenvolvida através de estratégias de aproximação, decomposição de números e reconhecimento de padrões numéricos (Silva, 2010).

O processo de resolução de problemas de aritmética envolve a aplicação de vários processos e estratégias cognitivas (Hubber et al., 2014). Na aritmética mental os alunos têm a liberdade de utilizar as estratégias que considerem ser mais eficazes para si durante a resolução de um problema (Van den Heuvel-Panhuizen, 2008). Na área da matemática, a aritmética mental é considerada como uma das competências base do processo de aprendizagem do aluno (Berticelli & Zancan, 2023). Deste modo, é importante trabalhar a aritmética mental para prevenir futuras lacunas no desenvolvimento da competência matemática e para conseguir aplicá-la em situações do quotidiano (Okamoto & Case, 1996, como citado em Marcelino et al., 2017).

2.2 *Serious Games*

O combate ao insucesso escolar é um grande desafio na Educação, sendo necessário criar estratégias e linhas de intervenção para minimizar esse problema. Assim, é fundamental implementar estratégias adequadas que desenvolvam diferentes habilidades e competências e promover o interesse e a motivação dos alunos (Costa, 2012; Reinol et al., 2021; Reis & Almeida, 2020). Uma das estratégias que tem vindo a ganhar destaque na promoção da motivação e o interesse dos alunos é a utilização de jogos (Fraga-Varela et al., 2021; Magpusao, 2024). O jogo promove um bom relacionamento entre professor-aluno e aluno-aluno e permite a promoção de várias competências nos alunos, como o trabalho em equipa, autonomia, comunicação e resolução de problemas (Felgueiras, 2021).

Os SG distinguem-se dos jogos, uma vez que são utilizados como catalisadores de aprendizagem, onde apresentam características como a participação livre, o desafio e regras (Melo et al., 2022). Além disso os SG incluem sistemas de incentivo, como pontos, reforço positivo e troféus, que despertam o interesse e motivação dos alunos (Plass et al., 2015). O jogo tem um cariz de entretenimento, onde o jogador pretende alcançar um objetivo (Ponte, 1988, como citado em Gonçalves, 2011) através de ações, estando limitadas às regras pré-definidas. O jogo, ao ser utilizado como uma ferramenta epistémica, admite o carácter de SG (Pinto et al., 2022).

A utilização de SG permite ao aluno assumir um papel mais ativo e central, estando no centro da aprendizagem (Checa & Bustillo, 2020). No entanto, também é necessário garantir que os objetivos educacionais sejam atingidos, para isso, o professor deve ter conhecimento suficiente do jogo a utilizar, saber como integrá-lo e acima de tudo saber como utilizá-lo tendo em conta as características dos alunos (Krath et al., 2021).

Existem várias vantagens da utilização de SG nas práticas de um professor tais como: a estimulação do raciocínio dos alunos, a sua capacidade de concentração e criatividade na resolução de situações problemáticas (Krath et al., 2021), a facilidade de comunicação de conceitos, o desenvolvimento de estratégias e a tomada de decisões (Soares & Germana, 2022). Durante este processo, o professor assume um papel de orientador, utilizando questões que estimulem o interesse e o raciocínio matemático dos alunos (Costa, 2012).

A PH oferece um conjunto de AD orientados para o currículo da Matemática, incluindo SG (Pinto et al., 2022). Os mais de 60 SG existentes na plataforma orientam-se para o desenvolvimento da aritmética mental e o cálculo mental, bem como a promoção de competências transversais na resolução de problemas, no cálculo, na memória e na atenção (Pinto et al., 2022). Esta plataforma é reconhecida por permitir uma melhoria dos resultados dos alunos na área da Matemática como se verifica em estudos recentes como o de Escaroupa (2023), Freitas (2024) e Gomes (2023).

2.3 Práticas de Ensino Exploratório

Uma aula pode ser estruturada de diferentes formas ou compreender diversos momentos (Ferreira & Ponte, 2017).

As Práticas de Ensino Exploratório (PEE) podem ser organizadas em três ou quatro frases (Canavarro et al., 2012; Ponte & Quaresma, 2020). Canavarro et al. (2012) apresenta um modelo de PEE que coloca o aluno no centro da aprendizagem. Organizar um ambiente de aprendizagem segundo o modelo de Canavarro et al. (2012) permite que os alunos se envolvam ativamente e autonomamente nas tarefas matemáticas (Jesus et al. 2020). Este modelo apresenta uma configuração didática organizada em quatro fases: (I) Introdução da tarefa, (II) Desenvolvimento da tarefa, (III) Discussão da tarefa e (IV) Sistematização das aprendizagens matemáticas. Na fase de Introdução da tarefa, o professor propõe a tarefa aos alunos. Nesta fase é essencial que os alunos compreendam o “contexto e os objetivos da tarefa” (Canavarro et al., 2012, p. 6) para poderem ser autónomos durante a fase seguinte (Canavarro et al., 2012). Ainda nesta fase, o professor deve colocar questões para verificar possíveis dúvidas (Guerreiro et al., 2015). Na fase de Desenvolvimento da tarefa, os alunos trabalham normalmente em grupo, enquanto o professor monitoriza a aprendizagem. Durante esta monitorização, o professor deve ter o cuidado para “não validar a correção das estratégias ou respostas dos alunos” (Canavarro et al., 2012, p.260), orientando-os através de questões. Ainda nesta fase, o professor deve selecionar as resoluções dos alunos que serão exploradas na fase seguinte (Canavarro et al., 2012). A fase de Discussão da tarefa centra-se na discussão coletiva das resoluções selecionadas na fase anterior. Esta fase, é importante para atribuir sentido ao conhecimento matemático (Canavarro et al., 2012). Por fim, na fase de Sistematização das aprendizagens matemáticas, o professor adota um papel mais diretivo, procurando orientar este momento para a sistematização dos conteúdos trabalhados durante a aula (Canavarro et al., 2012).

O ensino exploratório tem sido utilizado em práticas educativas, mostrando-se facilitador da estruturação das aulas (Carvalho et al., 2024; Ferreira et al., 2024; Freitas et al., 2023; Pinto et al., 2023). Freitas et al. (2023) e Freitas et al. (2024) referem que este modelo de ensino facilitou a integração de AD na sala de aula. Carvalho et al. (2024) e Sobral et al. (2024) mostram resultados positivos no desenvolvimento do pensamento computacional dos alunos.

3. DESCRIÇÃO DA PRÁTICA EDUCATIVA E SUA IMPLEMENTAÇÃO

Os dados foram recolhidos no âmbito de um estágio realizado por uma PE de curso de formação de professores. A recolha dos dados teve o consentimento de todos os pais, alunos e entidades escolares envolvidas. O anonimato dos participantes foi mantido no estrito cumprimento da Declaração de Helsínquia e aprovado pela Comissão de Ética do Instituto Politécnico de Coimbra (referência: 101_CEIPC/2022 aprovada em 24 de junho de 2022).

A prática educativa apresentada decorreu em contexto de estágio numa escola pública do distrito de Coimbra, Portugal, com os alunos do 1.º ano de escolaridade do 1.º CEB de uma turma mista. Participaram 14 alunos com idades compreendidas entre os seis e sete anos. Esta prática educativa surgiu das dificuldades dos alunos na aritmética mental com a operação adição, no reconhecimento dos sentidos da adição e na diferenciação dos termos parcela e soma. Deste modo foram desenvolvidas quatro sessões, considerando o modelo de PEE, que envolveram o uso de SG da PH com o objetivo de promover a aritmética mental e colmatar as dificuldades identificadas. As sessões tiveram a duração de uma hora e meia cada. Em cada sessão os alunos trabalharam em pares com computadores, enquanto a PE circulava pela sala para monitorizar o trabalho dos alunos e orientá-los sempre que necessário (Canavarro et al., 2012; Guerreiro et al., 2015). Antes das sessões os alunos resolveram um conjunto de tarefas relacionadas com a realização de contagem e os sentidos da operação adição (juntar e acrescentar). Estas tarefas permitiram planificar as sessões em função das dificuldades dos alunos. Cada sessão consistiu na exploração de um SG e na realização de uma tarefa (execução do jogo) com registo escrito.

A planificação das quatro sessões seguiu a organização do modelo de PEE de Canavarro et al. (2012): introdução da tarefa, resolução da tarefa, discussão da tarefa e sistematização das aprendizagens matemáticas. Na fase de introdução da tarefa de cada sessão, a PE demonstrava, no projetor da sala de aula, os passos a efetuar pelos alunos para acederem ao SG e esclarecia aspetos essenciais sobre o jogo. Esta preocupação tinha o intuito de garantir a compreensão dos alunos para que fossem autónomos na fase seguinte (Canavarro et al., 2012). Durante a fase resolução da tarefa (exploração do SG e realização da tarefa), a PE circulou pela sala de modo a monitorizar e esclarecer as dúvidas dos alunos. A fase de discussão da tarefa consistiu na partilha e discussão coletiva das diferentes resoluções selecionadas na fase anterior. Por fim, na fase de sistematização foi realizada uma síntese dos resultados matemáticos obtidos. Nesta fase, a PE destacou a importância dos conhecimentos matemáticos e trabalhou as dificuldades mapeadas inicialmente, como a distinção entre soma e parcela. Nas quatro sessões foram explorados quatro SG da PH, como mostra o Quadro 1.

Quadro 1 - Mapa de sessões da prática educativa implementada

Prática Educativa implementada			
Sessão 1	Sessão 2	Sessão 3	Sessão 4
Jogo 10	Roda da Adição (nível 1 e 2)	Ball Add	Jogo da Adição

Nota. Elaboração própria dos autores.

Após as sessões os alunos voltaram a resolver um conjunto de tarefas relacionadas com a realização de contagem e os sentidos da operação adição (juntar e acrescentar). O objetivo destas tarefas foi verificar se as dificuldades tinham sido colmatadas.

3.1 Descrição da 1.ª sessão

A primeira sessão teve como objetivo trabalhar os “amigos do dez”, ou seja, efetuar somas iguais a dez em quadrados executivos na horizontal e/ou vertical. Na fase de introdução do SG “Jogo 10”, a PE demonstrou todos os passos a efetuar pelos alunos. À medida que a PE realizava as demonstrações, os pares executavam os passos no seu computador. Primeiramente, explicou a necessidade de efetuar *login* para que os alunos pudessem acompanhar a sua evolução. Terminada a explicação do acesso à plataforma, a PE realizou, em grande grupo, os passos a efetuar até à seleção do “Jogo 10”. Seguidamente, explicou que por ser um jogo, seria normal que a tela de jogo fosse diferente de todos os pares, reforçando que o objetivo do jogo seria encontrar os “amigos do 10”. Durante a fase de exploração do SG, a PE circulou pela sala de modo a monitorizar e esclarecer as dúvidas dos alunos. Terminada a exploração, foi realizada uma pequena síntese sobre as regras do SG, seguindo-se depois para a introdução da tarefa a realizar na folha de exploração. Durante a fase de realização da tarefa, os alunos tiveram de registar na folha de exploração todos os amigos do dez identificados (Figura 1).

Regista e explica como pensaste, através de desenhos, esquemas ou palavras

$\underline{\quad} + \underline{\quad} = \underline{\quad}$	
$\underline{\quad} + \underline{\quad} = \underline{\quad}$	
$\underline{\quad} + \underline{\quad} = \underline{\quad}$	

Figura 1 Folha de Exploração (Fonte: Elaboração própria dos autores)

Na fase de discussão, a PE selecionou previamente pares de alunos que se deslocaram ao quadro para a frente da turma e compartilharam o “amigo do 10” que encontraram e qual a estratégia usada. Por fim, na fase de sistematização das aprendizagens matemáticas, cada par teve de mencionar um “amigo do 10” (Figura 2).

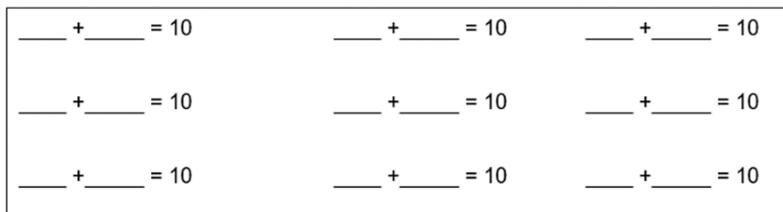


Figura 2 Sistematização das Aprendizagens Matemáticas (Fonte: Elaboração própria dos autores)

3.2 Descrição da 2.ª sessão

A segunda sessão teve como principal objetivo efetuar somas até 10 (nível 1) e 20 (nível 2) com duas parcelas. De modo a introduzir a tarefa, a PE distribuiu a folha de exploração do SG (Figura 3), indicando que poderiam iniciar a exploração do SG, prosseguindo-se com a breve síntese de como jogar e esclarecimento de dúvidas.



Figura 3 Folha de Exploração Roda da Adição (Fonte: Elaboração própria dos autores)

Na fase de realização da tarefa, os alunos registaram as adições apresentadas na tela de jogo, no espaço destinado na folha de exploração (Figura 4) e respetiva explicação através de desenhos, palavras e/ou esquemas.

Tarefa 2

Regista e explica como pensaste, através de desenhos, esquemas ou palavras

$\underline{\quad} + \underline{\quad} = \underline{\quad}$	
$\underline{\quad} + \underline{\quad} = \underline{\quad}$	
$\underline{\quad} + \underline{\quad} = \underline{\quad}$	

Figura 4 Folha de Exploração (Fonte: Elaboração própria dos autores)

Na fase de discussão, a PE solicitou a um par previamente definido para partilhar a adição e respetiva explicação, seguida da questão que outras representações poderiam ser apresentadas. Por fim, realizou-se uma sistematização das aprendizagens cujo objetivo foi refletir sobre os resultados matemáticos obtidos (Figura 5).

Folha de Sistematização- Roda da Adição Nível 1

Nomes do grupo: _____

Grupo: _____

Data: ___/___/___

Tarefa 1

Preenche os espaços de modo a efetuares somas até 10.

+	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0											
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											

Figura 5 Folha de sistematização das aprendizagens matemáticas (Fonte: Elaboração própria dos autores)

3.3 Descrição da 3.ª sessão

A terceira sessão destinou-se ao SG “Ball Add”. Esta teve como principal objetivo realizar somas de 8 a 20 com duas ou mais parcelas. Na fase de introdução da tarefa, os alunos exploraram o SG e a PE fez oralmente uma breve síntese de como jogar o SG e esclareceu as dúvidas. Na fase de realização da tarefa, os alunos registaram as adições apresentadas na tela de jogo, no espaço destinado na folha de exploração e respetiva explicação através de desenhos, palavras e/ou esquemas (Figura 6).

Tarefa 2
Regista e explica como pensaste, através de desenhos, esquemas ou palavras

Soma	Operação da adição utilizada	Explica como pensaste

Figura 6 Folha de Exploração SG "Ball Add" (Fonte: Elaboração própria dos autores)

Na fase de discussão, a PE solicitou a três pares, previamente definidos, para partilhar a adição e respetiva explicação, seguida das questões sobre que outras representações poderiam ser apresentadas e que outra adição e/ou adições diferentes poderíamos realizar de modo a dar a mesma soma. Por fim, realizou-se uma sistematização das aprendizagens cujo objetivo foi refletir sobre os resultados matemáticos obtidos (Figura 7).

Preenche os espaços de modo a efetuares somas até 20.

$5 + \underline{\quad} = 8$	$7 + \underline{\quad} = 8$	$6 + \underline{\quad} + \underline{\quad} = 8$
$8 + \underline{\quad} = 9$	$6 + \underline{\quad} = 9$	$5 + \underline{\quad} + \underline{\quad} = 9$
$8 + \underline{\quad} = 10$	$6 + \underline{\quad} = 10$	$4 + \underline{\quad} + \underline{\quad} = 10$
$7 + \underline{\quad} = 11$	$4 + \underline{\quad} = 11$	$8 + \underline{\quad} + \underline{\quad} = 11$
$5 + \underline{\quad} = 12$	$6 + \underline{\quad} = 12$	$5 + \underline{\quad} + \underline{\quad} = 12$
$10 + \underline{\quad} = 13$	$7 + \underline{\quad} = 13$	$4 + \underline{\quad} + \underline{\quad} = 13$
$4 + \underline{\quad} = 14$	$6 + \underline{\quad} = 14$	$10 + \underline{\quad} + \underline{\quad} = 14$
$9 + \underline{\quad} = 15$	$7 + \underline{\quad} = 15$	$3 + \underline{\quad} + \underline{\quad} = 15$
$6 + \underline{\quad} = 16$	$9 + \underline{\quad} = 16$	$5 + \underline{\quad} + \underline{\quad} = 16$
$8 + \underline{\quad} = 17$	$10 + \underline{\quad} = 17$	$2 + \underline{\quad} + \underline{\quad} = 17$
$9 + \underline{\quad} = 18$	$8 + \underline{\quad} = 18$	$4 + \underline{\quad} + \underline{\quad} = 18$
$9 + \underline{\quad} = 19$	$10 + \underline{\quad} = 19$	$5 + \underline{\quad} + \underline{\quad} = 19$
$10 + \underline{\quad} = 20$	$5 + \underline{\quad} + \underline{\quad} = 20$	$9 + \underline{\quad} + \underline{\quad} = 20$

Figura 7 Folha de Sistematização de Aprendizagens Matemáticas (Fonte: Elaboração própria dos autores)

3.4 Descrição da 4.ª sessão

Na última sessão, o objetivo principal foi o de realizar somas dadas até 18, num determinado tempo, utilizando o “Jogo da Adição” (Figura 8).



Figura 8 Jogo da Adição (Fonte: Elaboração própria dos autores)

Na fase de introdução da tarefa, os alunos exploraram o SG e a PE esclareceu as dúvidas acerca do jogo. Na fase de realização da tarefa, os alunos registaram na folha de exploração a soma apresentada na tela de jogo e a estratégia utilizada de modo a realizar a soma, através de desenhos, esquemas/palavras (Figura 4). Na fase de discussão da tarefa, a PE selecionou previamente pares para se deslocarem ao quadro e apresentarem à turma as suas resoluções e respetivos raciocínios. Neste momento também eram debatidas resoluções incorretas de modo a identificar qual o erro e como o corrigir. Por fim, na fase de sistematização das aprendizagens matemáticas, foi realizada uma síntese dos resultados matemáticos obtidos. Nesta fase, a PE destacou a importância dos conhecimentos matemáticos e trabalhou as dificuldades mapeadas na fase de observação, por exemplo, o distinguir soma de parcela.

4. AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DA PRÁTICA E PRINCIPAIS RESULTADOS

A criação de um conjunto de sessões, seguindo o modelo de PEE, promoveu a integração de tarefas recorrendo a SG diferentes cujo objetivo principal foi a promoção da aritmética mental utilizando a operação adição. A inclusão dos SG, com base neste modelo de ensino, permitiu criar um ambiente motivador, onde os alunos foram desafiados sessão após sessão, a desenvolver competências com o jogo (Becker, 2021; Compto, 2023). As tarefas realizadas pelos alunos antes e após esta prática educativa permitiram observar uma evolução positiva dos alunos, que está visível nas estratégias utilizadas pelos alunos nessas tarefas. Serão apresentadas de seguida algumas ilustrações representativas das estratégias utilizadas pelos alunos.

Na Tarefa 1, antes da prática, a maioria dos alunos apresentou uma resposta à situação problemática e não explicou o seu raciocínio, como se pode verificar na resolução do Aluno 1 (Figura 9).

1. Observa a imagem. Quantas cadeiras azuis e vermelhas existem? Explica como pensaste através de desenhos, figuras ou esquemas.

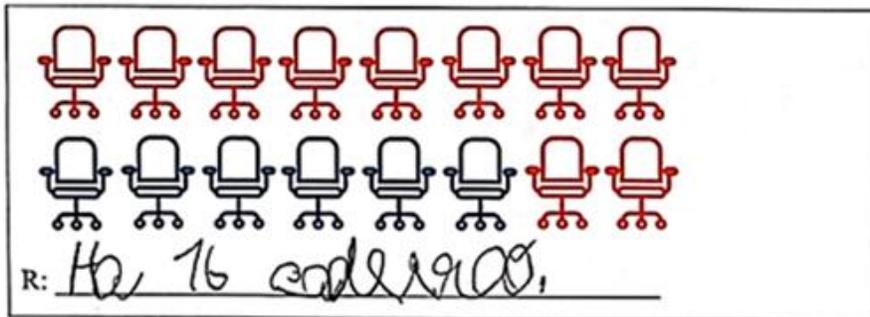


Figura 9 Resolução do A1 à tarefa 1 antes da prática

Após a prática o mesmo aluno apresentou o resultado e explicou como realizou a contagem, através de pontos, como se pode observar na Figura 10.

1. Observa a imagem. Quantas patos amarelos e verdes estão no lago? Explica como pensaste através de desenhos, figuras ou esquemas.

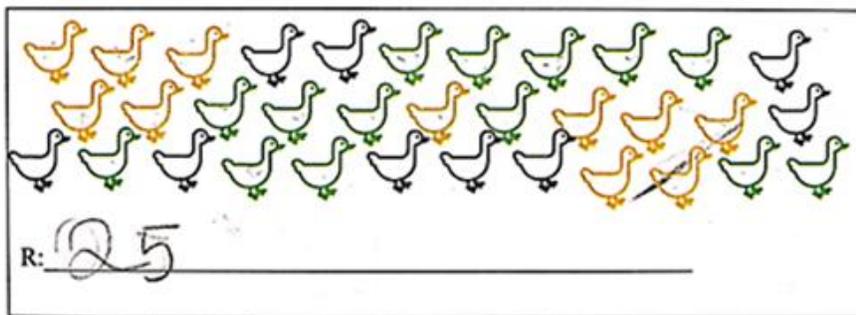


Figura 10 Resolução do A1 à tarefa 1 após a prática

Na Tarefa 2, o Aluno 2 apresentou uma proposta de resolução incompleta, uma vez que mostrou dificuldades em finalizar a resolução da tarefa. Para além disso demonstrou que realiza a operação adição (12+6), no entanto, não a conseguiu realizar corretamente, como se pode observar na Figura 11.

2. O João faz coleção de berlindes. Tem 12 berlindes azuis e 6 berlindes vermelhos. Quantos berlindes tem o João no total? Explica como pensaste através de desenhos, figuras ou esquemas.

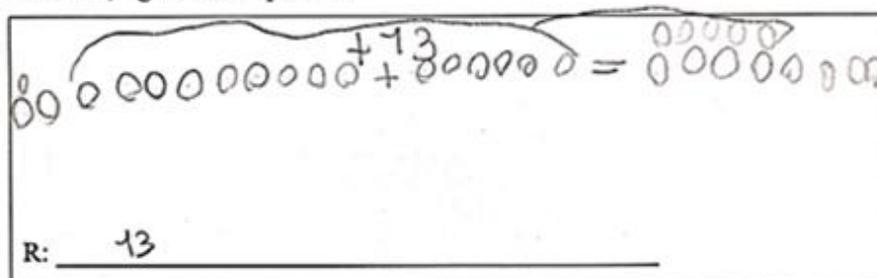


Figura 11 Resolução do A2 à tarefa 2 antes da prática (Fonte: Elaboração própria dos autores)

Após a prática, o Aluno 2, apresentou uma resolução mais desenvolvida, expondo a operação da adição corretamente, no entanto, mostrou uma dificuldade em reconhecer o adicionado e o adicionador. Também podemos observar que o mesmo aluno apresentou dois tipos de representações, uma visual e uma simbólica (Figura 12).

2. O António faz coleção de berlindes. Tem 13 berlindes azuis e 18 berlindes vermelhos. Quantos berlindes tem o João no total? Explica como pensaste através de desenhos, figuras ou esquemas.

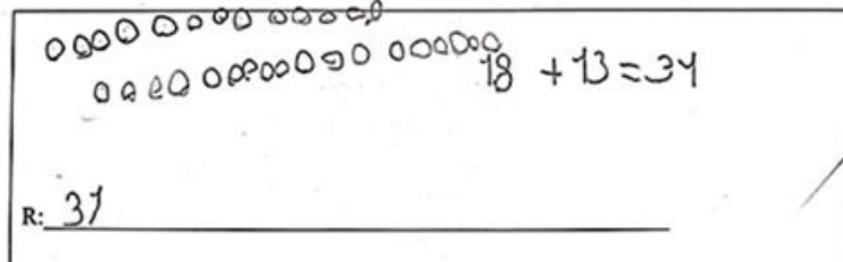


Figura 12 Resolução do A2 à tarefa 2 após prática (Fonte: Elaboração própria dos autores)

Relativamente à Tarefa 3, antes da prática, o Aluno 3 reconheceu a necessidade de recorrer à operação adição e apresentou o resultado correto e uma resposta ao contexto do problema. Contudo, demonstrou uma lacuna na diferenciação do adicionado e do adicionador (Figura 13). Após a prática, o Aluno 3 conseguiu reconhecer o adicionado do adicionador sem qualquer dificuldade e apresentou uma resposta correta tendo em conta o contexto do problema. A ordem das parcelas demonstra já uma compreensão do sentido da adição envolvido (Figura 14).

3. A Ana tem 9 cromos na sua caderneta. A avó Paula ofereceu-lhe 13 cromos. Quantos cromos tem a Ana no total? Explica como pensaste através de desenhos, figuras ou esquemas.

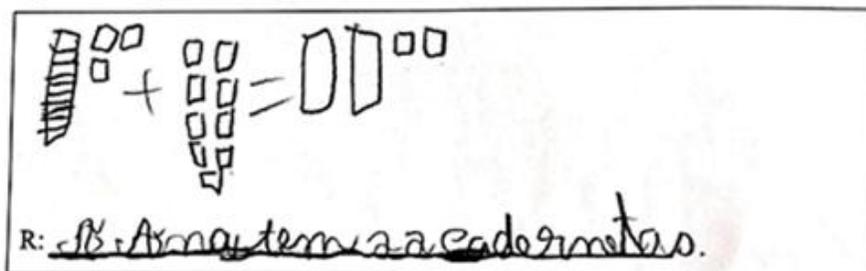


Figura 13 Resolução do Aluno A3 à tarefa 3 antes da prática (Fonte: Elaboração própria dos autores)

3. A Ana tem 19 cromos na sua caderneta. A avó Paula ofereceu-lhe 17 cromos. Quantos cromos tem a Ana no total? Explica como pensaste através de desenhos, figuras ou esquemas.

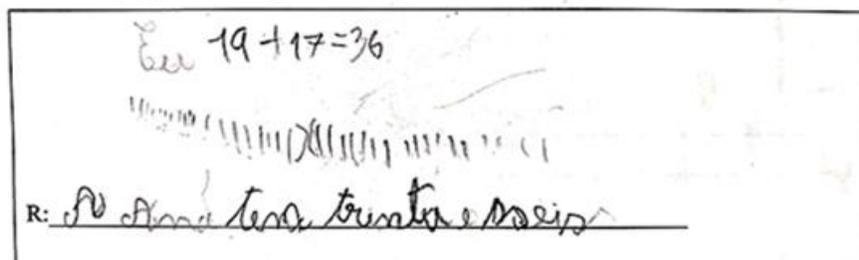


Figura 14 Resolução do A3 à tarefa 3 após a prática (Fonte: Elaboração própria dos autores)

A professora estagiária teve um papel fundamental na superação das dificuldades dos alunos (Pietarinen et al., 2021), existindo a preocupação de incentivar os alunos a pensar, permitindo que ultrapassassem as suas dificuldades (Canavarro et al., 2012).

Os momentos de discussão foram fulcrais para o desenvolvimento da aritmética mental e a compreensão dos sentidos da operação adição envolvidos nas tarefas. Esta evolução positiva é visível no excerto a seguir, respetivo ao momento de discussão. Deste modo, concordamos com o que referem Canavarro et al. (2012) sobre a importância da discussão na compreensão dos conteúdos.

Professora Estagiária: *Aluno 3, diz-me um amigo do dez. Rápido, muito rápido, muito rápido!*

Aluno 3: *Dois mais oito.*

Professora Estagiária: *Muito bem! (a PE estala os dedos) Aluno 4, diz-me um amigo do dez!*

Aluno 4: *Um amigo do dez?*

Professora Estagiária: *Um amigo do dez. O Aluno 3 disse dois mais oito.*

Aluno 4: *Nove mais um.*

Professora Estagiária: *Nove mais um, muito bem! Aluno 5, diz-me um amigo do dez.*

Aluno 4: *Cinco mais cinco.*

Professora Estagiária: *Muito bem!*

As fases constituintes do modelo de PEE foram fulcrais para o desenvolvimento da aritmética mental dos alunos, sendo estas também importantes para o desenvolvimento do conhecimento matemático (Freitas et al., 2024; Guerreiro et al., 2015). A preocupação de desafiar os alunos a distinguir as parcelas e a soma da operação adição nos momentos de discussão contribuiu para que os alunos colmatassem essa dificuldade. No excerto a seguir é visível essa compreensão por parte dos alunos.

Professora Estagiária: *Tenho oito mais oito, qual é que é a soma?*

Aluno 7: *Dezasseis.*

Professora Estagiária: *E as parcelas?*

Aluno 7: *Oito e oito*

Professora Estagiária: *Muito bem!*

Importa realçar ainda que a utilização de SG como ferramenta epistémica contribuiu para que o aluno pensasse e alcança-se o resultado esperado (Costa et al., 2021; Lopes & Costa, 2019). Estes resultados corroboram com os de Silva et al. (2019), uma vez que houve uma melhoria da aprendizagem dos alunos.

5. CONCLUSÃO E IMPLICAÇÕES

A prática educativa implementada através do modelo de PEE promoveu a integração de SG como ferramenta epistémica, permitindo a construção de conhecimento matemático dos alunos. O uso de SG, como ferramenta epistémica, criou um ambiente motivador e interativo incentivando os alunos a desenvolverem competências matemáticas de forma lúdica e eficaz e, por conseguinte, a sua utilização influenciou as aprendizagens dos alunos do 1.º ano de

escolaridade do 1.º CEB, verificando-se o desenvolvimento da aritmética mental dos alunos. Importa referir que as características do modelo PEE contribuíram para este desenvolvimento, uma vez que envolveu a participação ativa dos alunos, com o professor a assumir um papel de mediador. Os momentos de discussão foram essenciais para aprofundar a compreensão dos conceitos matemáticos envolvidos e para desenvolver a aritmética mental dos alunos. Ainda nesta fase da PEE, a exploração de diferentes representações e a sua compreensão foi essencial.

A análise das tarefas realizadas, antes e após a prática educativa, permitiu observar a evolução positiva das estratégias utilizadas pelos alunos, demonstrando um melhor reconhecimento dos sentidos da adição e na diferenciação dos termos que compõem a mesma: parcela e soma. A orquestração instrumental permitiu selecionar os SG que mais se adequavam a esta prática educativa para que se colmassem as dificuldades identificadas. A PE desempenhou um papel fulcral no apoio e incentivo dos alunos, promovendo um ambiente de aprendizagem colaborativo e reflexivo.

Por fim, a integração dos SG através do modelo de PEE demonstrou ser uma abordagem eficaz para a inclusão de artefactos digitais e para a melhoria das competências matemáticas dos alunos. Em futuras práticas sugere-se o uso de SG da PH através do modelo PEE noutros anos de escolaridade e na exploração de outras operações aritméticas.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é financiado por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto UIDB/50008/2023 (Instituto de Telecomunicações, IT), UIDB/05198/2023 (Centro de Investigação e Inovação em Educação, inED) e UID/06185/2023 (SPRINT – Centro de Investigação & Inovação em Desporto, Atividade Física e Saúde).

REFERÊNCIAS

- Becker, K. (2021). What's the difference between gamification, serious games, educational games, and game-based learning. *Academia Letters*, 209, 1-4. <https://doi.org/10.20935/AL209>
- Berticelli, D., & Zancan, S. (2023). CalMe Pro — Cálculo mental para professores. *Revista de ensino de ciências e matemática*, 12(4), 1–21. <https://doi.org/10.26843/rencima.v12n4a08>
- Canavarro, A., Oliveira, H., & Menezes, L. (2012). Práticas de ensino exploratório da matemática: o caso de Célia. In L. Santos, A. Canavarro, A. Boavida, H. Oliveira, L. Menezes, & S. Carreira (Eds.), *Investigação em Educação Matemática* (pp.255–266). Sociedade Portuguesa de Investigação em Educação Matemática.
- Carvalho, J., Couceiro, T., Gomes, T., Neves, R., Sacramento, J., Pereira, R., Freitas, Y., Costa, C., & Martins, F. (2024). Desenvolver o Pensamento Computacional através do Ensino Exploratório numa Aula de Matemática do 4.º Ano de Escolaridade. *DEDiCA Revista De Educação E Humanidades (dreh)*, (22), 259–292. <https://doi.org/10.30827/dreh.22.2024.30107>
- Checa, D., & Bustillo, A. (2020). A review of immersive virtual reality serious games to enhance learning and training. *Multimedia Tools and Applications*, 79(9), 5501-5527.
- Compto, G. (2023). Aprendizagem baseada em jogos digitais. In R. Bernhard, R. Oliveira, & S. Freitas (Orgs.), *Serious Games: do lúdico à educação*. Atena. <https://doi.org/10.22533/at.ed.3452311042>
- Costa, C. (2012). *A Importância do Jogo no processo de Ensino e Aprendizagem de alunos com Perturbação de Hiperatividade e Défice de Atenção* [Dissertação de Mestrado]. Escola Superior de Educação João de Deus.
- Costa, C., Cabrita, I., Martins, F., Oliveira, R., & Lopes, J. (2021). Qual o papel dos artefactos digitais no ensino e na aprendizagem de matemática? In V. Santos, I. Cabrita, T. Neto, M. Pinheiro, & J. Lopes. (Orgs.), *Matemática com vida: diferentes olhares sobre a tecnologia* (pp. 29–44). UA Editora.
- Escaroupa, A. (2023). *O uso da applet CalcRapid da plataforma Hypatiamat na promoção do Cálculo Mental* [Relatório final de Mestrado, Escola Superior de Educação de Coimbra]. Escola Superior de Educação de Coimbra.
- Felgueiras, A. C. M. (2021). *Prática de Ensino Supervisionada – O jogo como estratégia de ensino e aprendizagem* [Relatório Final, Instituto Politécnico de Bragança]. Biblioteca Digital do Instituto Politécnico de Bragança.
- Fernández-Sánchez, M. R., González-Fernández, A., & Acevedo-Borrega, J. (2023). Conceptual Approach to the Pedagogy of Serious games. *Information*, 14(2), 132. <https://doi.org/10.3390/info14020132>
- Ferreira, N., & Ponte, J. (2017). O conhecimento para ensinar matemática na prática letiva de uma futura professora do 2º ciclo: O conceito de percentage [Knowledge to teach mathematics in the teaching practice of a future 2nd cycle teacher: The concept of percentage]. In GTI (Ed.), *A prática dos professores: Planificação e discussão coletiva na sala de aula* (pp. 197-222). APM.
- Ferreira, R., Silva, A., Freitas, Y., Costa, S., & Martins, F. (2024). Símbolos nacionais e representações de números racionais em práticas STEAM. *Revista APEduC*, 5(1), 48-64. <https://doi.org/10.58152/APEduCJournal.440>
- Fraga-Varela, F., Vila-Couñago, E., & Martínez-Piñero, E. (2021). Impacto de los juegos serios en la fluidez matemática: Un estudio en Educación Primaria. *Comunicar*, 29(69), 125-135. <https://doi.org/10.3916/C69-2021-10>
- Freitas, Y. (2024). *A applet multiplicação da Plataforma Hypatiamat na compreensão dos sentidos da operação aritmética multiplicação*. [Relatório final de Mestrado, Escola Superior de Educação de Coimbra]. Escola Superior de Educação de Coimbra.
- Freitas, Y., Abbasi, M., Brito-Costa, S., Pinto, R., Rato, V., & Martins, F. (2024). Exploratory teaching: Integrating applet to teach arithmetic multiplication operation. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(12). <https://doi.org/10.29333/ejmste/15666>
- Freitas, Y., Pinto, R., Rato, V., Gomes, A., & Martins, F. (2023). Sentido da multiplicação e a applet multiplicação da plataforma hypatiamat. *Revista APEduC*, 4(1), 119-137. <https://doi.org/10.58152/APEduCJournal.401>

- Gomes, A. (2023). *Desenvolvimento da aritmética mental utilizando o jogo SAM da plataforma Hypatiamat* [Relatório final de Mestrado, Escola Superior de Educação de Coimbra]. Escola Superior de Educação de Coimbra.
- Gonçalves, P. (2011). *Jogos digitais no ensino e aprendizagem da matemática: efeitos sobre a motivação e o desempenho dos alunos* [Tese de Mestrado, Universidade do Algarve]. Repositório da Universidade do Algarve.
- Guerreiro, A., Ferreira, R., Menezes, L., & Martinho, M. (2015). Comunicação na sala de aula: a perspetiva do ensino exploratório da matemática. *Zetetiké*, 23(44), 279–295.
- Holzmann, K., Nogueira, C., Lima, E., & Dorneles, B. (2021). Relação entre desempenho aritmético e desempenho na resolução de problemas de alunos de 3.º e 4.º anos do ensino fundamental. *Quadrante*, 30(2), 335–353. <https://doi.org/10.48489/quadrante.23751>
- Hubber, P., Gilmore, C., & Cragg, L. (2014). The Roles of the Central Executive and Visuospatial Storage in Mental Arithmetic: A Comparison across Strategies. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 67(5), 936-954. <https://doi.org/10.1080/17470218.2013.838590>
- Jesus, C., Cyrino, M., & Oliveira, H. (2020). Mathematics teachers' learning on exploratory teaching: Analysis of a multimedia case in a community of practice. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 22(1), 112-133. <https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.5566>
- Krath, J., Schürmann, L., & Von Korfflesch, H. (2021). Revealing the theoretical basis of gamification: A systematic review and analysis of theory in research on gamification, serious games and game-based learning. *Computers in Human Behavior*, 125. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106963>
- Lopes, J., & Costa, C. (2019). Digital resources in science, mathematics and technology teaching – how to convert them into tools to learn. In M. Tsitouridou, A. Diniz, & T. Mikropoulos (Eds.), *Technology and innovation in learning, teaching and education* (p. 243–255). Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20954-4_18
- Magpusao, J. (2024). Gamification and game-based learning in primary education: A bibliometric analysis. *Computers and Children*, 3(1). <https://doi.org/10.29333/cac/14182>
- Marcelino, L., Teixeira, R., & Rato, J. (2017). Método sentido de número: intervenção nas competências numéricas de crianças do 1.º ano de escolaridade. *Quadrante*, 26(1). <https://doi.org/10.48489/quadrante.22941>
- Martins, M. (2020). *Turmas Mistas - Práticas e Conceções de Professores do 1º Ciclo do Ensino Básico* [Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Educação e Ciências]. Repositório Comum.
- Melo, C., Silva, A., Alencar, C., Lima, J., Moreira, M., Ribeiro, T., Sousa, V., Bione, E., Ximenes, W., Silva, J., Damacena, W., & Pereira, M. (2022). Utilização de jogos sérios no Ensino Superior: Kahoot! em Odontologia Legal. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, 11 (5). <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i5.27940>
- Ministério da Educação (2021). *Aprendizagens Essenciais de Matemática – 1.º ano*. DGE-ME.
- Moorhouse, B., & Wong, K. (2022). Blending asynchronous and synchronous digital technologies and instructional approaches to facilitate remote learning. *Journal of Computers in Education*, 9(1), 51–70. <https://doi.org/10.1007/s40692-021-00195-8>
- Moreira, F., Cabrita, I., Loureiro, M., & Guerra, C. (2020). Programação tangível e a promoção do Pensamento Computacional: propostas didáticas desenvolvidas no projeto TangIn. *Medi@ções*, 8(2), 48-62.
- National Council of Teachers of Mathematics (2008). *Princípios e normas para a matemática escolar*. Associação de Professores de Matemática.
- Pietarinen, T., Palonen, T., & Vauras, M. (2021). Guidance in computer-supported collaborative inquiry learning: Capturing aspects of affect and teacher support in science classrooms. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 16(2), 261-287. <https://doi.org/10.1007/s11412-021-09347-5>
- Pinto, F., Silva, I., Freitas, Y., Simões, A., & Martins, F. (2023). Prática STEAM na promoção da criatividade e do relacionamento interpessoal. *Revista APEDuC*, 4(2), 181-194.

- Pinto, R., Martins, J., & Martins, F. (2022). Projeto Hypatiamat, artefactos digitais para ensinar e aprender matemática. In F. Martins, R. Pinto & C. Costa (Eds.), *Artefactos digitais, Aprendizagens e Conhecimentos didático* (pp.10–30). Instituto Politécnico de Coimbra, Escola Superior de Educação de Coimbra.
- Plass, J., Homer, B., & Kinzer, C. (2015). Foundations of Game-Based Learning. *Educational Psychologist*, *50*(4), 258–283. <https://doi.org/10.1080/00461520.2015.1122533>
- Ponte, J., & Quaresma, M. (2020). Exploratory mathematics teaching and the development of students' use of representations and reasoning processes: An illustration with rational numbers. In E. Oldham, A. Afonso, F. Viseu, L. Dourado, & M. Martinho (Eds.), *Science and mathematics education for 21st century citizens: Challenges and ways forwards* (pp. 131-148). Nova Science Publishers
- Ramos, F., Nunes, D., & Pereira, A. (2020). A Aritmética e sua formalização no ensino de Matemática. In Annalt Schewtschilk (Org.), *Universo dos Segmentos Envolvidos com a Educação Matemática 2* (pp. 68-78). Atena Editora. <https://doi.org./10.22533/at.ed.160201302>
- Rathgeb-Schnierer, E., & Green, M. (2019). Desenvolvendo Flexibilidade no Cálculo Mental. *Educação & Realidade*, *44*(2). <https://doi.org/10.1590/2175-623687078>
- Reinol, D., Lopes, M., & Ferreira, E. (2021). A criança, o jogo e o lúdico no processo de ensino e aprendizagem. *Revista Educação - UNG-Ser*, *16*(1), 6–17. <https://doi.org/10.33947/1980-6469-v16n1-4321>
- Reis, M., & Almeida, A. (2020). Jogos educativos digitais: perspetivas dos grupos editoriais e desenvolvimento do material de apoio. In *DigiMedia* (pp. 128-144). Centro de Estudos Interdisciplinares do Século 20, Universidade de Coimbra.
- Seabra, A., Dias, N., & Macedo, E. (2010). Desenvolvimento das Habilidades Aritméticas e Composição Fatorial da Prova de Aritmética em Estudantes do Ensino Fundamental. *Revista Interamericana de Psicologia*, *44*(3), 481–488.
- Shavkatovna, S., & Gulbahor, R. (2021). *The importance of Mental Arithmetic in Mental Development in Children. Conferencea*, 68–70.
- Silva, C. (2010). *Os números e operações: Investigações Matemáticas com alunos do 2.º ano do 1.º ciclo do ensino básico* [Tese de Mestrado, Universidade do Minho]. RepositoriUM.
- Silva, J., Sales, G., & Castro, J. (2019). Gamificação como estratégia de aprendizagem ativa no ensino de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, *41*(4). <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2018-0309>
- Soares, C., & Germana, G. (2022). Projeto de um Role Playing Game Digital para Revisão da Matemática do Ensino Fundamental. *Revista Interações*, *18*(63), 103–121. <https://doi.org/10.25755/int.28244>
- Sobral, L., Neves, M., Simões, M., Rodrigues, R., Freitas, Y., Costa, C., & Martins, F. (2024). Pensamento Computacional e Literacia Estatística no 1.º Ano de Escolaridade: Uma Prática de Ensino Exploratório. *Didácticas específicas*. (31), 62-75. <https://doi.org/10.15366/didacticas2024.31.004>
- Van den Heuvel-Panhuizen, M. (2008). *Mental arithmetic*. Sense Publishers.

**PRÁTICA PEDAGÓGICA COM REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA NO ENSINO
SUPERIOR: EXPERIÊNCIA E PERCEÇÕES DA DOCENTE E ESTUDANTES**

PEDAGOGICAL PRACTICE WITH IMMERSIVE VIRTUAL REALITY IN HIGHER EDUCATION:
INSTRUCTOR AND STUDENTS' EXPERIENCE AND PERCEPTIONS

PRÁCTICA PEDAGÓGICA CON REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR:
EXPERIENCIA Y PERCEPCIONES DE LA DOCENTE Y DEL ALUMNADO

Maria Castelhana^{1,5,6}, Daniela Pedrosa^{2,5,6,7}, Diana Almeida^{3,6} & Leonel Morgado^{4,5}

¹Universidade do Porto, Portugal

²Instituto Politécnico de Santarém, Portugal

³Universidade de Aveiro, Portugal

⁴Universidade Aberta, Portugal

⁵INESC TEC - Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, Tecnologia e Ciência, Portugal

⁶CIDTFF - Centro de Investigação em Didática e Tecnologia na Formação de Formadores, Portugal

⁷CIEQV - Centro de Investigação Em Qualidade de Vida, Portugal

mfmcastelhana@gmail.com; daniela.pedrosa@ese.ipsantarem.pt; diana.morato@ua.pt; Leonel.Morgado@uab.pt

RESUMO | Este artigo descreve uma prática educativa desenvolvida no Ensino Superior, no âmbito da Unidade Curricular Educação para as Redes Sociais, da Licenciatura em Produção Multimédia em Educação, com o objetivo de explorar a integração da Realidade Virtual Imersiva (RV-I) como ferramenta pedagógica. A atividade envolveu a exploração de um cenário virtual, a criação de uma publicação multimédia para disseminação no Facebook e a reflexão crítica sobre o papel do criador/gestor de conteúdos digitais. A prática simulou um ambiente profissional de redes sociais, com os estudantes a desempenharem esse papel. A sessão foi organizada em dois momentos: o primeiro dedicado à ambientação à RV através de um tutorial; o segundo à exploração do cenário virtual “Fundo do Mar” e à recolha de materiais. Os dados foram recolhidos através de grelhas de observação, questionário aos estudantes e entrevista à docente. Os resultados indicam que, apesar de alguns constrangimentos técnicos (como problemas de ligação à Internet e limitações do cenário), a atividade foi percebida como motivadora e inovadora. Os estudantes destacaram a imersão, a utilidade pedagógica da ferramenta e a vontade de repetir a experiência. A docente, por sua vez, salientou a importância da preparação técnica, da formação docente e da flexibilidade na planificação. Conclui-se que a RV-I apresenta potencial para enriquecer o ensino superior, desde que acompanhada de estratégias de implementação bem delineadas.

PALAVRAS-CHAVE: Realidade Virtual Imersiva, Ensino Superior, Multimédia, Redes Sociais.

ABSTRACT | This article describes an educational practice developed in Higher Education within the Curricular Unit Education for Social Networks, part of the Degree in Multimedia Production in Education, with the aim of exploring the integration of Immersive Virtual Reality (IVR) as a pedagogical tool. The activity involved exploring a virtual scenario created within the REVEALING Project, creating a multimedia publication for dissemination on Facebook, and critically reflecting on the role of the digital content creator/manager. The practice simulated a professional social media environment, with students assuming that role. The session was structured in two parts: the first focused on VR familiarization through a tutorial; the second involved the exploration of the “Underwater World” scenario and material collection. Data were gathered through observation grids, a student questionnaire, and an interview with the professor. The results indicate that, despite some technical constraints (such as Internet connection issues and scenario limitations), the activity was perceived as motivating and innovative. Students highlighted the immersive experience, the pedagogical value of the tool, and expressed interest in repeating the experience. The professor, in turn, emphasized the importance of technical preparation, teacher training, and flexibility in planning. It is concluded that IVR has the potential to enrich higher education when accompanied by well-structured implementation strategies.

KEYWORDS: Immersive Virtual Reality, Higher Education, Multimedia, Social Network.

RESUMEN | Este artículo describe una práctica educativa desarrollada en la Educación Superior, en el marco de la Unidad Curricular *Educación para Redes Sociales*, de la Licenciatura en Producción Multimedia en Educación, con el objetivo de explorar la integración de la Realidad Virtual Inmersiva (RVI) como herramienta pedagógica. La actividad consistió en la exploración de un escenario virtual creado en el Proyecto REVEALING, la creación de una publicación multimedia para su difusión en Facebook y la reflexión crítica sobre el papel del creador/gestor de contenidos digitales. La práctica simuló un entorno profesional de gestión de redes sociales, con los estudiantes asumiendo ese rol. La sesión se organizó en dos momentos: el primero dedicado a la familiarización con la RVI mediante un tutorial; el segundo a la exploración del escenario virtual “Fondo del Mar” y la recolección de materiales. Los datos fueron recogidos mediante tablas de observación, un cuestionario aplicado a los estudiantes y una entrevista con la docente. Los resultados muestran que, a pesar de algunos contratiempos técnicos (como problemas de conexión a internet y limitaciones del escenario), la actividad fue percibida como motivadora e innovadora. Los estudiantes destacaron la inmersión, la utilidad pedagógica de la herramienta y expresaron interés en repetir la experiencia. La docente, por su parte, subrayó la importancia de la preparación técnica, la formación del profesorado y la flexibilidad en la planificación. Se concluye que la RVI tiene potencial para enriquecer la educación superior, siempre que esté acompañada de estrategias de implementación bien definidas.

PALABRAS CLAVE: Realidad Virtual Inmersiva, Educación Superior, Multimedia, Red Social.

1. INTRODUÇÃO

Este artigo descreve uma prática educativa desenvolvida no âmbito da Unidade Curricular (UC) Educação para Redes Sociais, do 3.º ano da Licenciatura em Produção Multimédia em Educação. A prática educativa consistiu numa atividade de exploração de Realidade Virtual Imersiva (RV-I), e realizou-se nos dias 5 e 12 de dezembro de 2023, com recurso aos óculos Quest 2 e ambientes virtuais criados no projeto europeu REVEALING (<https://revealing-project.eu/pt-pt/>), parceiro na implementação da sessão.

Neste contexto, foi promovida a integração da RV-I numa prática educativa. O objetivo foi não só implementar a tecnologia, mas também comparar as perspetivas dos estudantes — recolhidas através de reflexões após as atividades — com a visão da docente responsável pela unidade curricular. Pretendeu-se, assim, compreender melhor as perceções dos estudantes e conduzir uma investigação que avaliasse esta abordagem educativa, considerando as opiniões tanto dos discentes como da docente.

Antes da atividade, foi aplicado um formulário de diagnóstico através de Microsoft Forms, de forma a identificar o nível de experiência de utilização dos estudantes em RV-I. Os resultados do diagnóstico mostram que a maioria dos estudantes nunca tinham utilizado óculos de RV. Este resultado reforçou a importância de realizar uma sessão de ambientação prévia em RV, que foi delineada e realizada no primeiro dia através do tutorial “First Steps”, que se revelou crucial para a adaptação dos participantes à tecnologia.

No segundo dia, os estudantes exploraram em grupos o cenário “Fundo do Mar”, recolheram imagens e criaram uma publicação multimédia para disseminação na página oficial do projeto no Facebook, aplicando os conhecimentos trabalhados ao longo da UC.

A prática pedagógica foi analisada a partir de duas perspetivas: (1) a dos estudantes, através de grelhas de observação, questionário individual e reflexões dos grupos; e (2) a da docente, obtida via entrevista após a realização da aula. Os resultados indicam que a atividade foi percebida como motivadora, inovadora e útil para o desenvolvimento de competências digitais quer pelos estudantes como pela docente. Os estudantes destacaram o valor da experiência imersiva e a sua aplicabilidade em contextos educativos, apesar de referirem limitações técnicas (ligação à internet, funcionalidade do cenário). A docente sublinhou a importância da preparação técnica, da existência de planos alternativos e da necessidade de capacitação docente para a criação de cenários e avatares personalizados.

A produção de posters multimédia, posteriormente divulgados na rede social Facebook do projeto REVEALING, reforçou a aplicabilidade da atividade, permitindo consolidar aprendizagens, tendo em conta a sua articulação com os objetivos da UC, em especial, com os tópicos relacionados com estratégias de comunicação digital, produção de conteúdos multimédia e análise crítica do papel do criador/gestor de redes sociais. Esta experiência demonstrou o potencial da RV-I no Ensino Superior, desde que acompanhada por práticas pedagógicas bem delineadas e ajustadas à realidade institucional e técnica.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Introdução à Realidade Virtual (RV)

A Realidade Virtual (RV) consiste no recurso a meios tecnológicos para proporcionar uma interação sensorial num ambiente virtual (Antón-Sancho et al., 2023), fictício ou representativo do mundo real (Mazhar & Al Rifaaee, 2023; Pellas et al., 2021). Pode ser potencializada por meio de tecnologias computacionais que criam e simulam experiências num ambiente virtual (Pellas et al., 2021). A RV permite criar ao utilizador a sensação de estar envolvido num ambiente tridimensional (3D) simulado em 360°, no qual pode explorar e interagir livremente com objetos e elementos virtuais (Pellas et al., 2021; Gou et al., 2021). Na RV, o utilizador fica totalmente envolto pelo ambiente virtual, "sem ver o mundo real" (Carmigniani et al., 2011), e vive experiências com interações e manipulações no ambiente virtual (Mystakidis, 2022).

2.2 Realidade Virtual Imersiva (RV-I) e Imersão na Aprendizagem

A utilização de RV potenciada com o uso de óculos para que o espaço virtual nos rodeie pode denominar-se de Realidade Virtual Imersiva (RV-I). Esta tecnologia é considerada uma ferramenta pedagógica inovadora, amplamente explorada por educadores devido à sua capacidade de criar sensação de a imersão física (Won et al., 2023). A imersão é um estado psicológico de alheamento do mundo físico, podendo ser empregue na aprendizagem, por ex. para focar a atenção, ou situar o contexto. Este fenómeno pode ser influenciado por tecnologias e intervenções humanas e assenta em três dimensões conceptuais: narrativa, desafio/agência e sistema (Agrawal et al., 2020; Morgado, 2022), (1) Imersão narrativa, em que o contexto ou o enredo capta e direciona a atenção do utilizador; (2) Imersão por agência, onde a possibilidade de agir — seja de forma direta ou por meio de decisões estratégicas ou reflexivas — foca a atenção do utilizador; (3) Imersão proporcionada pelo sistema, caracterizada pela envolvimento pelo ambiente espacial, sustentada por elementos como a tecnologia ou o espaço físico (Morgado, 2022).

2.3 Estratégias Pedagógicas com RV

A Realidade Virtual (RV) permite aplicar estratégias que se concretizam através de práticas pedagógicas, entendidas como ações com intencionalidade pedagógica explícita, situadas em contextos específicos e baseadas em atividades de ensino que simulam situações reais (Morgado, 2022; Beck, Morgado, & O'Shea, 2023). Estas estratégias de aprendizagem centradas no estudante, como a aprendizagem baseada em problemas, projetos, jogos, simulações ou *escape rooms*, constituem preocupações pedagógicas de âmbito global que orientam e estruturam as práticas educativas (Beck, Morgado, & O'Shea, 2023). Além disso, a RV oferece oportunidades para aplicar conhecimentos teóricos, experimentar, praticar e aprender, sendo amplamente aplicado em contexto de trabalho de alto risco, uma vez que, os ambientes virtuais permitem falhas sem as consequências naturais do mundo real (Mystakidis, 2022).

2.4 Benefícios e Desafios da RV-I na Educação

A integração da RV-I na educação pode ser multidisciplinar pela sua potencialidade de adaptação a diversas áreas do saber. Estudos relatam que a RV é percebida como envolvente e inovadora, despertando o interesse dos participantes e promovendo a repetição de atividades. Também é vista como uma estratégia que melhora a retenção e aplicação de conhecimentos, contribuindo para melhores desempenhos acadêmicos (Hamilton et al., 2021; Marougkas et al., 2024; Radianti et al., 2020). Contudo, o impacto da RV pode variar em função dos equipamentos e softwares utilizados. Diferentes tecnologias podem proporcionar experiências distintas, com níveis variados de naturalidade, interatividade e proximidade ao mundo real (Craig & Kay, 2023; Radianti et al., 2020).

Apesar das suas potencialidades, no contexto educativo, é fundamental capacitar os professores para a utilização eficaz da tecnologia e, simultaneamente, considerar a motivação dos estudantes e a personalização da experiência de aprendizagem ao contexto e ao público-alvo (Rojas-Sánchez et al., 2023), uma vez que um grande número de professores não detém experiência anterior com a tecnologia, podendo apresentar sentimentos de insegurança em integrá-la nas suas práticas pedagógicas (Radianti et al., 2020). Este sentimento pode resultar em sobrecarga e frustração, levando a uma resistência e subutilização. Neste contexto emerge o papel do design instrucional. A utilização do design instrucional no planeamento das aulas para ambientes imersivos com a utilização da RV, permite a obtenção de uma abordagem sistemática para orientar os docentes na idealização e execução dos materiais educacionais e dos planos de atividades (Gomes et al., 2024; Meroto et al., 2024).

Um dos aspetos mais relevantes do design instrucional para RV reside na ênfase colocada na ergonomia, ou seja, o ajuste às características e necessidades dos utilizadores com o ambiente virtual. A investigação tem evidenciado que a qualidade ergonómica destes ambientes influencia de forma significativa o desempenho dos utilizadores, constituindo-se, assim, como um elemento crítico para a eficácia das experiências práticas de aprendizagem (Albuquerque-Costa & Mayrink, 2024). Esta atenção à ergonomia e à usabilidade revela-se particularmente pertinente em contextos imersivos, nos quais a interação física e cognitiva dos discentes impacta diretamente o seu nível de envolvimento e a assimilação dos conteúdos. Adicionalmente, a integração de estratégias de aprendizagem multimédia em cenários de RV potencia consideravelmente a eficácia educativa, proporcionando experiências imersivas únicas que dificilmente podem ser reproduzidas por métodos tradicionais (Burin et al., 2023).

2.5 Limitações e Necessidade de Investigação

A par das potencialidades da RV e da necessidade de capacitar os docentes para a sua utilização é igualmente relevante o aprofundamento teórico da utilização da RV na educação, em especial no que diz respeito às orientações específicas para a sua implementação. São necessários mais estudos para avaliar a sua eficácia pedagógica a longo prazo, comparativamente aos métodos tradicionais, bem como relatos sobre práticas pedagógicas com ambientes de aprendizagem imersivos (Pedrosa, Morgado, Beck, 2023). É, portanto, essencial aprofundar a compreensão da implementação prática da RV na educação, de forma a facilitar a sua replicação e aplicação (Bicalho et al., 2023; Mazhar & Al Rifaaee, 2023; Pedrosa & Morgado, 2024).

3. DESCRIÇÃO DA PRÁTICA EDUCATIVA E SUA IMPLEMENTAÇÃO

Nos dias 5 e 12 de dezembro de 2023, decorreram sessões práticas no âmbito da Unidade Curricular (UC) de Educação para as Redes Sociais, integrada no 3.º ano da Licenciatura em Produção Multimédia em Educação da Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Santarém. Esta UC visa desenvolver competências nos estudantes para a criação, gestão e análise crítica de conteúdos para redes sociais, com foco em contextos educativos e institucionais. Como parte do plano pedagógico da UC, foi realizada uma atividade de exploração de ambientes de aprendizagem imersivos com recurso a óculos de RV. Esta iniciativa articulou-se com os conteúdos programáticos da UC, em especial com os tópicos relacionados com estratégias de comunicação digital, produção de conteúdos multimédia e análise crítica do papel do criador/gestor de redes sociais.

O objetivo principal destas sessões foi introduzir a RV-I como uma ferramenta pedagógica que permite fazer uma simulação do contexto real, bem como permitir que os estudantes desempenhem o papel prático de gestor e criador de conteúdos para redes sociais. Para tal, foi elaborado um plano de aula em colaboração com a docente da UC e a equipa de um projeto atuante nesta área, o REVEALING, que apresentava como objetivo principal desenhar e implementar ambientes de aprendizagem em Realidade Virtual adaptados às necessidades das Instituições de Ensino Superior. A aula foi desenvolvida com o recurso a um manual disponibilizado pelo projeto (Makrides et al, 2024), em particular as linhas orientadoras de design instrucional e a matriz de planificação de aulas com recurso à realidade virtual. Esta aula foi adotada como um dos pilotos deste projeto com a exploração de um dos cenários de aprendizagem virtual criados no VRChat, uma plataforma que permite aos utilizadores criar e interagir em ambientes virtuais (Zhang & Juvrud, 2024).

Os objetivos pedagógicos das sessões foram: 1) criar uma publicação multimédia sobre o cenário visitado, a ser partilhada na rede social Facebook, respeitando as diretrizes de comunicação digital e escrita para redes sociais, 2) refletir criticamente sobre o papel e impacto do gestor de conteúdos multimédia. Os objetivos específicos foram: 1) observar o espaço virtual e os objetos disponíveis; 2) recolher imagens do cenário para criarem a publicação; e 3) descrever o ambiente visitado com vista à elaboração da publicação.

A aula organizou-se em duas fases: Introdução e Desenvolvimento.

Fase de Introdução (15 minutos): Nesta fase a docente simulou o papel de representante do projeto, em particular, a responsável pela gestão das redes sociais, e dirigiu-se aos estudantes como membros da sua equipa de gestão de redes sociais (atribuição simulada de funções). Para isso, os estudantes foram organizados em grupos de três, sendo definidos as funções de cada membro: dois responsáveis pela descrição do cenário e um pela recolha de imagens. Seguiu-se a apresentação do projeto e das tarefas a realizar, com a introdução ao uso dos óculos de RV. Os estudantes foram guiados por um tutorial ("First Steps") para se familiarizar com o ambiente virtual do VRChat. Foram ainda fornecidas orientações técnicas para a navegação no cenário e para a recolha do material necessário à publicação (Cf. Figura 1). A metodologia adotada foi ativa, combinando momentos expositivos (contextualização do projeto e apresentação das tarefas) com a experimentação prática em ambiente imersivo.



Figura 1 Realização do tutorial de ambientação à Realidade Virtual e visualização do cenário do Fundo do Mar.

Fase de Desenvolvimento (1h45min): Nesta fase, os estudantes visitaram o cenário virtual e recolheram material para a criação da publicação multimédia, utilizando avatares predefinidos disponibilizados pela Universidade Aberta (parceira do projeto e fornecedora do equipamento). Após a exploração virtual, já em sala de aula física, os grupos realizaram duas atividades principais:

1. Elaboração da publicação para o Facebook, com base no material recolhido, com aplicação dos conhecimentos adquiridos ao longo da UC, particularmente sobre produção de conteúdos para redes sociais;
2. Reflexão crítica sobre o papel do gestor de redes sociais, considerando a experiência prática vivenciada.

Estas atividades foram posteriormente avaliadas pela docente, com base em critérios previamente definidos.

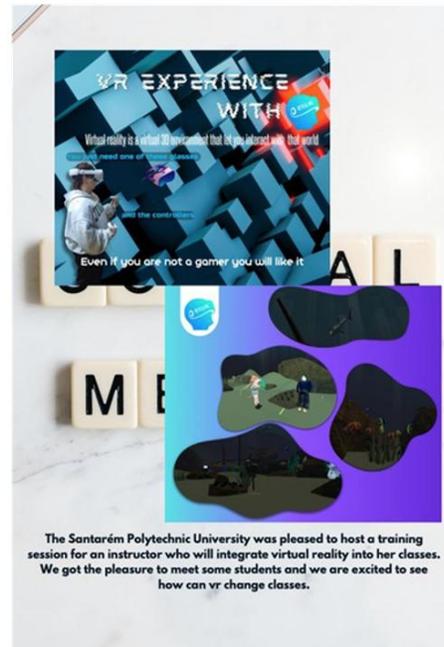


Figura 2 Posters realizados por 3 estudantes, selecionados e publicados na rede social Facebook do Projeto Revealing: <https://www.facebook.com/revealingeu>.

Para a operacionalização da sessão teve-se em conta alguns aspetos de gestão de tempo e recursos: 1) A exploração da RV foi dividida por grupos e foi concedido um intervalo de 10 minutos para evitar a sobrecarga da docente no ambiente virtual. 2) Os estudantes que não estavam no ambiente virtual puderam trabalhar autonomamente nos seus projetos da unidade curricular, evitando momentos de inatividade.

Apesar de as sessões terem ocorrido em dias diferentes, foram consideradas como uma única aula, dada a necessidade de distribuir as tarefas em função de limitações de tempo e recursos. No primeiro dia, problemas de acesso à Internet obrigaram à reorganização da aula: os estudantes realizaram apenas o tutorial de ambientação à tecnologia, que não requer conexão à internet. No segundo dia, os estudantes exploraram o cenário “Fundo do Mar” no VRChat com a docente, e depois completaram as atividades propostas.

Esta abordagem apresenta vantagens, como a utilização dos quatro equipamentos com o tutorial sem necessidade de alternância entre aplicações. Contudo, as dificuldades de acesso à Internet persistiram no segundo dia. Para contornar essa limitação (alterando a planificação

inicial da aula), os estudantes foram divididos: dois utilizaram os óculos no VRChat, enquanto os restantes — que não haviam participado no dia 5 — realizaram o tutorial.

Durante esse tempo, a docente acompanhou a exploração do VRChat pelo computador (outra alteração realizada ao planeamento da aula). Adicionalmente, membros do projeto estiveram presentes para auxiliar na manipulação dos óculos, apoiando os estudantes na sua colocação, retirada e utilização.

Como se salientou em trabalho prévio (Castelhana et al., 2023), é fundamental considerar fatores essenciais para o sucesso da atividade, nomeadamente a capacidade de adaptação dos planos iniciais, a formação dos professores, a disponibilidade de equipamentos, a duração das sessões, a clareza da comunicação e dos conteúdos, bem como a existência de planos alternativos para lidar com imprevistos técnicos.

4. AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DA PRÁTICA E PRINCIPAIS RESULTADOS

Para recolher informações durante a atividade, foi utilizada uma abordagem em duas perspetivas complementares. Do ponto de vista dos estudantes, os dados foram registados por meio de grelhas de observação, focadas na interação com a ferramenta, e de um questionário sobre a utilização da Realidade Virtual, com vista a analisar a experiência dos estudantes na utilização da RV no contexto de ferramenta educativa.

Já a perspetiva da docente foi obtida após a realização da aula, através de uma entrevista que permitiu uma avaliação mais aprofundada do desenvolvimento da sessão. Nessa entrevista, a docente fez um breve resumo das atividades realizadas nos dois dias, apontou os principais constrangimentos e refletiu sobre a abordagem pedagógica adotada. Com o objetivo de obter a perceção da professora quanto ao planeamento e implementação de uma aula com recurso à RV.

A docente e os estudantes aceitaram participar no projeto e na recolha de dados, tendo assinado declarações de consentimento informado, ficando salvaguardadas as questões éticas e de proteção de dados.

Como mencionado anteriormente, a adaptação aos óculos de Realidade Virtual (cf. Figura 1) foi afetada por dificuldades técnicas, especialmente no acesso à internet, o que obrigou a ajustes no planeamento inicial. Apesar destes contratemplos, a sessão foi concretizada com sucesso, destacando, contudo, a importância de dispor de um plano alternativo sempre que se utilizam este tipo de tecnologias no contexto educativo.

Os problemas enfrentados, assim como os comentários dos estudantes e da docente sobre a utilização da Realidade Virtual Imersiva (RV-I), foram sintetizados e organizados na Tabela 1.

Tabela 2- Perspetivas da docente e dos estudantes relativos à experiência com RV.

Dimensão	Perspetiva da Docente	Perspetiva dos Estudantes
Ligação à internet	Constrangimentos técnicos devido à limitação de acesso à internet, com implicação em mudanças na planificação da aula.	
Carregamento de energia do equipamento	Necessidade de assegurar que o equipamento esteja carregado para evitar interrupções durante a sessão.	
Criação de cenários e avatares	Ênfase na importância de capacitar os docentes na criação de cenários e avatares personalizados.	
Interação com os estudantes	Preferência pela interação através do computador, considerando-a mais viável, pois permite ter um controlo da sala virtual e da sala presencial, em simultâneo de forma a resolver problemas. O retirar e colocar os capacetes de realidade virtual revela-se uma tarefa demorada e que afeta o curso da atividade.	
Tutorial de adaptação à RV	Reconhecimento da importância do tutorial para estudantes com pouca experiência em RV.	Perceção positiva da atividade como cativante e útil para compreensão da RV.
Motivação dos estudantes	A atividade despertou a motivação e interesse dos estudantes.	Interesse em repetir a experiência e reconhecimento do valor da RV na aprendizagem
Utilização educacional da RV	Preocupação com a eficácia da prática pedagógica devido a limitações nas atividades planeadas.	Reconhecimento do potencial educacional da RV, apesar dos desafios na integração.
Reflexões sobre a experiência dos alunos	Preocupação sobre se os estudantes compreenderam a utilidade da RV, em particular na aprendizagem situada da UC.	Valorização da experiência como cativante e útil para compreensão da RV.
Desafios e vantagens da utilização da RV	Reconhecimento de desafios técnicos e importância da autonomia na criação de cenários.	

Com a implementação desta aula e face aos constrangimentos, foi possível destacar necessidades ao levar a cabo aulas com o uso da RV-I. Do ponto de vista da docente, ressalta-se o facto de a instabilidade da internet não ter permitido manter e executar a planificação pedagógica inicial da sessão. Reflexo disso é a necessidade de, ao implementar, testar o equipamento no contexto, dias ou momentos antes para aferir os pormenores técnicos. A docente destacou também a necessidade de verificar o carregamento do equipamento para aulas com grande duração, o que neste caso foi minimizado pela utilização de baterias extra.

Quanto ao cenário de aprendizagem, neste contexto foi utilizado um que não tinha sido criado para aquela Unidade Curricular em específico, tendo sido apontada pela docente a necessidade de ajustar o cenário e possivelmente a necessidade de capacitar o docente para "criar (...) cenário que (...) fosse ajustado àquilo que eu pretendia", ou seja, considera importante que os docentes sejam capacitados para esta tarefa, assim como terem a possibilidade de os estudantes e docente de criarem e personalizarem os seus próprios avatares: "eles criarem os

seus próprios avatares à sua maneira e ao seu rosto, era outra coisa que se calhar lhes interessaria fazer".

Quanto à experiência em si, a docente refere alguns aspetos cruciais. A não utilização dos óculos de RV e a visualização e interação com os estudantes através do computador despertou na mesma um sentimento de frustração, "não estive com os óculos, obviamente que a mim foi um bocadinho frustrante porque gostaria de estar com os estudantes no mundo virtual". Porém, destaca que, apesar de frustrante não ter utilizado os óculos, considerou mais viável estar no computador, porque diz ser "muito mais fácil e muito mais acessível utilizar o computador e comunicar-me".

No plano da implementação a docente destacou que no dia 5 de dezembro face à instabilidade da Internet a opção de realização do tutorial de ambientação resultou como a melhor abordagem pois os estudantes tinham pouca experiência: "é algo que é necessário ter sempre em consideração nas nossas planificações, e que foi confirmado, é este processo de ambientação". Despertando a necessidade de inclusão de momentos de ambientação aquando da introdução deste tipo de ferramentas no ensino. Para além disso, a docente considerou que o facto de os estudantes terem sido ambientados à ferramenta no dia 5, no dia 12 estavam motivados, mas que a experiência já não foi tão marcada pelo fator de novidade, "tiveram motivados (...) por uma experiência nova". Na experiência de aula do dia 12, de acordo com a docente, os estudantes estiveram imersos "estavam tão imersos nesse ambiente e nesse espaço (...)" e revelaram aptidões para a realização da tarefa e manipulação dos objetos, bem como encontraram alguns erros nos cenários "conseguiu-se detectar algumas situações (...) e aqui acautelar algumas situações do que foi vivenciado". O que indicou que ao serem ambientados os estudantes se sentiram confortáveis no ambiente e na vivência da atividade pedagógica com o recurso à RV-I.

Assim, com a perspetiva da docente foi possível concluir que apesar das alterações à planificação foi possível realizar as atividades com os estudantes. A possibilidade de estes terem estado mais tempo na ambientação apresentou-se como uma vantagem pela falta de prática com a tecnologia.

Apesar disso, a docente sentiu que as alterações interferiram com a prática pedagógica, uma vez que "não foi possível concretizar a tarefa tal e qual como eu tinha planeado, mas resolveu-se aqui com planos Bs, Cs e Ds". Por esse motivo, a docente revelou algum receio se os estudantes conseguiram perceber a utilidade da RV, uma vez que a parte pedagógica pode ter sido afetada por estes constrangimentos, "aquela natureza típica de uma aula se calhar não esteve tão presente".

Quanto às reflexões realizadas pelos estudantes, sobre a realização do tutorial de ambientação estes dizem que é uma atividade "cativante, dinâmica e, acima de tudo, divertida" G1 (Grupo1) que serviu não só como "entretenimento" G1, mas também como "entendimento" G1 das "potencialidades da realidade virtual" G1 e das "funcionalidades dos óculos" G2. Ou seja, esta atividade tem diversos objetivos segundo os estudantes: "Aprendizagem Imersiva", "Estímulo à Criatividade e Inovação" e "Adaptação ao Estilo de Aprendizagem" G5. Para o G8 esta atividade foi importante, visto haver alunos que nunca tiveram experiência nesta tecnologia: "A ambientação é algo importante". Quanto à passagem para o cenário do fundo do mar para medir os ouriços do mar, existem áreas que requerem melhorias "como a dinâmica geral e a funcionalidade do "Jogo" G1, por isso não gostaram tanto desta fase, pois consideraram que não

tinham “tantas coisas para explorar” G2. Mas, concluem que gostavam de repetir esta experiência, uma vez que “agregou valor à (...) compreensão desta tecnologia em ascensão” G1.

Por um lado, a RV tem algumas vantagens porque torna possível a visita a locais inacessíveis ou “perigosos na realidade física” G2 e pode “proporcionar experiências imersivas” G2 que ajude os estudantes na “compreensão de conceitos difíceis” G2. Contudo, existem pontos negativos como: “o custo”, “fadiga e cansaço”, “dificuldades na adaptação”, “problemas técnicos” e a falta de tempo nesta sessão para explorarem outros mundos, segundo o G4 e o G7.

Houve um alto nível de imersão que fez com que os estudantes se questionassem sobre “onde nos irá levar” G3 a Realidade Virtual. Segundo o G6 é “uma tecnologia que combina totalmente com nosso dia a dia, muito tecnológico”, ou seja, realça um maior nível de imersão.

Comparando a opinião da docente titular da UC e a dos estudantes, conseguimos perceber que a conexão da Internet foi um constrangimento que afetou a dinâmica da atividade e no final fez com que os estudantes não tivessem tanto tempo para explorar o cenário do fundo do mar. Quanto à prática pedagógica, o que a docente estava mais receosa de que os estudantes não se tivessem compreendido o teor e o valor pedagógico da experiência, Todavia, os estudantes referiram sempre que é uma abordagem adequada, porque como é nova neste âmbito (ensino), inovadora e que desperta o interesse, motivando-os para as UC que estes apresentavam mais dificuldades.

Tabela 2- Síntese das observações e constrangimentos identificados, e possíveis soluções.

Perspetiva	Problema/Constrangimento	Observações / Impacto	Sugestões / Necessidades Identificadas
Docente	Instabilidade da conexão da Internet	Impediu a realização do plano pedagógico conforme previsto	Testar equipamentos e rede com antecedência Garantir equipamento extra como forma de recurso, e.g. Internet móvel
Docente	Carga dos equipamentos	Duração da bateria limitada durante sessões longas	Disponibilização de baterias extra
Docente	Cenário genérico no VRChat	Cenário não criado para a UC específica, limitando a adequação da atividade	Capacitar docentes para criação de cenários e avatares personalizados
Docente	Não utilização dos óculos pela docente	Sentimento de frustração e distanciamento da experiência imersiva	Possibilidade de docentes também participarem com óculos, se viável. Para tal haver maior disponibilidade de equipamento
Docente	Ambientação dos estudantes ao equipamento e à experiência em RV	Atividade de ambientação à RV considerada essencial	Incluir sempre momentos de ambientação no planeamento
Docente	Alteração da planificação da	Impossibilidade de cumprir o plano original; uso de planos alternativos	Planos B, C e D devem integrar a planificação regular

Perspetiva	Problema/Constrangimento	Observações / Impacto	Sugestões / Necessidades Identificadas
Docente	Tempo reduzido no cenário	Estudantes com menos tempo de exploração devido a reorganizações	Melhor gestão de tempo entre ambientação e exploração
Estudantes	Falta de experiência prévia com RV	Ambientação vista como fundamental para compreensão e conforto com a tecnologia	Manter o tutorial como prática inicial
Estudantes	Cenário do fundo do mar pouco interativo	Falta de dinamismo e poucas possibilidades de exploração	Melhorar o design e a interatividade dos cenários
Estudantes	Problemas técnicos e adaptação	Dificuldades operacionais e cansaço	Maior acompanhamento técnico e pausas adequadas
Estudantes	Valor educativo da RV	Reconhecimento do potencial da RV para aprendizagem e motivação	Potenciar o uso da RV em temas difíceis ou pouco atrativos
Estudantes	Tempo curto para explorar	Desejo de visitar outros mundos e aprofundar a experiência	Sessões mais longas ou divididas por objetivos claros

Como culminar da experiência imersiva e das aprendizagens desenvolvidas, os estudantes produziram posters multimédia com base no cenário visitado, os quais foram selecionados e partilhados na página oficial do projeto REVEALING no Facebook.

Os posters evidenciaram a capacidade dos alunos de aplicar os princípios de comunicação digital trabalhados ao longo da Unidade Curricular. A produção dos posters serviu, assim, como uma oportunidade de consolidação prática dos conteúdos, incentivando a criatividade e a expressão crítica sobre a experiência vivida no ambiente imersivo, com recursos à ferramenta pedagógica RV

5. CONCLUSÃO E IMPLICAÇÕES

Apesar da utilização da Realidade Virtual na educação ter ganho expansão, ainda há uma carência significativa de investigação aprofundada sobre o seu impacto pedagógico em comparação com os métodos tradicionais a longo prazo, bem como a necessidade de descrições das práticas pedagógicas adotadas associadas a esses impactes. É crucial realizar mais estudos não apenas para avaliar as condições de eficácia da RV, mas também para garantir a sua implementação adequada (Bicalho et al., 2023; Mazhar & Al Rifaee, 2023). A introdução de novas tecnologias pode despertar incertezas e dificuldades de gestão para os educadores, como exemplificado pela experiência da docente com a Internet, destacando a necessidade de pesquisa e estudos de implementação tecnológica e de materiais claros e simples para os docentes a fim de estes se sentirem confortáveis com a utilização da ferramenta.

Revela-se crucial a preparação técnica de forma rigorosa e a criação de cenários personalizados para o sucesso de aulas com RV-I. A capacidade de adaptação a problemas técnicos e ter planos de contingência são aspetos essenciais que um docente deve considerar. Assim, a formação de professores em relação à utilização de RV-I à criação de conteúdo e os aspetos técnicos são fatores que afetam o planeamento e a implementação de práticas com a utilização de RV-I.

No entanto, apesar das dificuldades enfrentadas, os estudantes mostraram-se cativados pela atividade e expressaram interesse em repeti-la, evidenciando o potencial da Realidade Virtual na educação. Verificou-se, contudo, a necessidade de uma fase de ambientação prévia, de forma a que as atividades pedagógicas possam ser realizadas com maior facilidade e autonomia, tirando melhor partido dos seus potenciais.

Concluimos que a experiência demonstra que, embora haja alguns desafios e a necessidade de ajustes na planificação e nas implementações pedagógicas, a utilização de RV-I pode oferecer vantagens significativas, em particular quando se considera a preparação técnica e a formação adequada dos docentes e estudantes.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar a nossa gratidão à Comissão Europeia pelo apoio prestado no âmbito do projeto REVEALING – REalisation of Virtual rEality Learning Environments (VRLEs) for Higher Education – Erasmus+ / Parcerias de Cooperação 2021-1-DE01-KA220-HED-000032098. Agradecemos à Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) pelo apoio financeiro concedido através da bolsa de doutoramento com a referência 2024.05445.BD. E no âmbito dos projetos UIDB/00194/2020 (<https://doi.org/10.54499/UIDB/00194/2020>) e UIDP/00194/2020 (<https://doi.org/10.54499/UIDP/00194/2020>) (CIDTFF), em particular no âmbito do Programa de Iniciação Científica em Educação (PIC-EDU), de Diana Almeida.

REFERÊNCIAS

- Agrawal, S., Simon, A., Bech, S., Bærentsen, K., & Forchhammer, S. (2020). Defining immersion: Literature review and implications for research on audiovisual experiences. *Journal of the Audio Engineering Society*, 68(6), 404–417. <https://doi.org/10.17743/jaes.2020.0039>
- Albuquerque-Costa, H., & Mayrink, M. F. (2024). Design instrucional no contexto do ensino e aprendizagem de línguas: Instructional design in the context of language teaching and learning. *Revista EntreLinguas*, e024020–e024020.
- Antón-Sancho, Á., Vergara-Rodríguez, D., Calatayud, D. G., & Fernández-Arias, P. (2023). Virtual Reality as a Teaching Resource in Higher Education: Professors' Assessment. In G. Ranganathan, R. Bestak, & X. Fernando (Eds.), *Pervasive Computing and Social Networking* (pp. 139–149). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-19-2840-6_11
- Beck, D., Morgado, L., & O'Shea, P. (2023). Educational practices and strategies with immersive learning environments: Mapping of reviews for using the metaverse. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 17, 319-341.
- Bicalho, D. R., Piedade, J., & Matos, J. F. (2023). As Potencialidades da Realidade Virtual como Ferramenta de Apoio em Práticas Educativas. *PRÁTICA - Revista Multimédia de Investigação em Inovação Pedagógica e Práticas de e-Learning*, 6(3), Article 3.

- Burin, G. R. E., Neves, A. R., da Silva Cruz, A. J., Arseno, E. F., & Esposito, G. E. (2023). O Uso da Realidade Virtual como Ferramenta Pedagógica. *Revista Ilustração*, 4(6), 51–59.
- Castelhano, M., Almeida, D., Morgado, L., & Pedrosa, D. (2023). Instructional Design Model for Virtual Reality: Testing and Participant Experience Evaluation. In *International Conference on Design, Learning, and Innovation* (pp. 62-75). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Carmigniani, J., Furht, B., Anisetti, M., Ceravolo, P., Damiani, E., & Ivkovic, M. (2011). Augmented reality technologies, systems and applications. *Multimedia Tools and Applications*, 51(341-377). <https://doi.org/10.1007/s11042-010-0660-6>
- Craig, C. D., & Kay, R. (2023). A Systematic Overview of Reviews of the Use of Immersive Virtual Reality in Higher Education. *Higher Learning Research Communications*, 13(2), 42–60. Scopus. <https://doi.org/10.18870/hlrc.v13i2.1430>
- Gomes, L. C. M., de Almeida, E. F., Passos, L. M., Mafra, M. A., & da Cruz Silva, M. (2024). Design Instrucional na Educação: Vantagens e Desafios. *Revista Amor Mundi*, 5(4), 105–114.
- Guo, X., Guo, Y., & Liu, Y. (2021). The development of extended reality in education: Inspiration from the research literature. *Sustainability*, 13(13776). <https://doi.org/10.3390/su132413776>
- Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E., & Wilson, C. (2021). Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: A systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design. *Journal of Computers in Education*, 8(1), 1–32. <https://doi.org/10.1007/s40692-020-00169-2>
- Makrides, G., Aufenanger, S., Bastian, J., Damianos, G., Vlasis, K., Apostolos, K., ... & Pedrosa, D. (2024). MODULE 3 How to prepare a VR Learning Scenario. In *Manual for VR-powered lessons*. <http://hdl.handle.net/10400.2/16132>
- Marougkas, A., Troussas, C., Krouska, A., & Sgouropoulou, C. (2024). How personalized and effective is immersive virtual reality in education? A systematic literature review for the last decade. *Multimedia Tools and Applications*, 83(6), 18185–18233. <https://doi.org/10.1007/s11042-023-15986-7>
- Mazhar, A. A., & Al Rifaee, M. M. (2023). A Systematic Review of the use of Virtual Reality in Education. *2023 International Conference on Information Technology (ICIT)*, 422–427. <https://doi.org/10.1109/ICIT58056.2023.10225794>
- Meroto, M. B., Costa, E. J., Pereira, F. A., Oliveira, N. P., & Mungo, W. S. (2024). Design Instrucional e Educação: Perspectivas para uma Aprendizagem Personalizada e Eficaz. *Revista Ilustração*, 5(3), 79–90.
- Morgado, L. (2022). Ambientes de aprendizagem imersivos. *Video Journal of Social and Human Research*, 102-116.
- Mystakidis, S. (2022). Metaverse. *Encyclopedia*, 2(1), 486-497.
- Pellas, N., Mystakidis, S., & Kazanidis, I. (2021). Immersive Virtual Reality in K-12 and Higher Education: A systematic review of the last decade scientific literature. *Virtual Reality*, 25(3), 835–861. <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00489-9>
- Pedrosa, D., Morgado, L. (2024). Immersive Virtual Reality, Augmented Reality and Mixed Reality for Self-regulated Learning: A Review. In D. Crawford, J. Foss, N. Lambert, M. Reed, J. Kriebel (eds), *Technology, Innovation, Entrepreneurship and Education*. TIE 2023. (Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering, vol 575, pp. 64-81). https://doi.org/10.1007/978-3-031-59383-3_5
- Pedrosa, D., Morgado, L., Beck, D. (2024). Immersive Learning Environments for Self-regulation of Learning: A Literature Review. In: Bourguet, ML., Krüger, J.M., Pedrosa, D., Dengel, A., Peña-Rios, A., Richter, J. (eds) Immersive Learning Research Network. iLRN 2023. Communications in Computer and Information Science, vol 1904. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-47328-9_36
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Rojas-Sánchez, M. A., Palos-Sánchez, P. R., & Folgado-Fernández, J. A. (2023). Systematic literature review and

bibliometric analysis on virtual reality and education. *Education and Information Technologies*, 28(1), 155-192.

Won, M., Ungu, D. A. K., Matovu, H., Treagust, D. F., Tsai, C.-C., Park, J., Mocerino, M., & Tasker, R. (2023). Diverse approaches to learning with immersive Virtual Reality identified from a systematic review. *Computers & Education*, 195, 104701. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104701>

Zhang, J., & Juvrud, J. (2024). Gender expression and gender identity in virtual reality: Avatars, role-adoption, and social interaction in VRChat. *Frontiers in Virtual Reality*, Volume 5-2024. <https://doi.org/10.3389/frvir.2024.1305758>

**DESENVOLVENDO O PENSAMENTO COMPUTACIONAL E A LITERACIA ESTATÍSTICA
ATRAVÉS DA PLATAFORMA HYPATIAMAT**

DEVELOPING COMPUTATIONAL THINKING AND STATISTICAL LITERACY THROUGH THE
HYPATIAMAT PLATFORM

DESARROLLO DEL PENSAMIENTO COMPUTACIONAL Y LA ALFABETIZACIÓN ESTADÍSTICA A
TRAVÉS DE LA PLATAFORMA HYPATIAMAT

**Rita Neves Rodrigues^{1, 2, 3}, Madalena Almiro¹, Virgílio Rato¹, Ricardo Pinto^{1, 2}, Cecília Costa^{2, 3} &
Fernando Martins^{1, 5, 6, 7}**

¹Instituto Politécnico de Coimbra, Escola Superior de Educação de Coimbra, Portugal

²Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), Portugal

³Centro de Investigação em Didática e Tecnologia na Formação de Formadores (CIDTFF), Universidade de Aveiro, Portugal

⁴Associação Hypatiamat, Portugal

⁵inED - Centro de Investigação e Inovação em Educação, Instituto Politécnico de Coimbra, Portugal

⁶Instituto de Telecomunicações, Delegação da Covilhã, Portugal

⁷SPRINT – Centro de Investigação & Inovação em Desporto, Atividade Física e Saúde, Portugal
ritanevesrodrigues@hotmail.com

RESUMO | O Pensamento Computacional (PC) tem ganho relevância nos currículos de Matemática em vários países, sendo reconhecido como uma capacidade essencial para a participação ativa na sociedade moderna. Este artigo apresenta uma prática realizada numa turma do 4.º ano do 1.º Ciclo do Ensino Básico português, onde foram observadas dificuldades em conteúdos do tema Dados e Probabilidades. Na implementação, que decorreu em 4 sessões e seguiu o modelo de Práticas de Ensino Exploratório, recorreu-se à Plataforma *HypatiaMat* para promover a compreensão de conteúdos como o diagrama de caule-e-folhas simples e duplo, a moda, o mínimo e o máximo. Os resultados indicam que a utilização dessas ferramentas digitais favoreceu a compreensão das representações gráficas e a análise de dados, além de contribuir para o desenvolvimento do PC. Assim, o estudo destaca a importância de práticas pedagógicas que incorporam recursos tecnológicos no ensino da Matemática, evidenciando o seu potencial para enriquecer a aprendizagem e melhorar a literacia estatística dos alunos.

PALAVRAS-CHAVE: Artefactos digitais, Pensamento Computacional, Dados e Probabilidades, Ensino Exploratório, Diagrama de caule-e-folhas.

ABSTRACT | Computational Thinking (CT) has gained relevance in the mathematics curricula of various countries, recognized as an essential skill for active participation in modern society. This article presents a practice conducted in a 4th-grade primary school classroom in Portugal, where difficulties were observed in content related to Data and Probability. In the implementation, which took place in 4 sessions and followed the Exploratory Teaching Practices model, the HypatiaMat Platform was used to promote understanding of topics such as simple and double stem-and-leaf plots, mode, minimum, and maximum. The results indicate that the use of these digital tools enhanced the understanding of graphical representations and data analysis while also contributing to the development of CT. Thus, the study highlights the importance of pedagogical practices that incorporate technological resources in mathematics education, emphasizing their potential to enrich learning and improve students' statistical literacy.

KEYWORDS: Digital artifacts, Computational Thinking, Data and Probability, Exploratory Teaching, Stem-and-Leaf Plots.

RESUMEN | El Pensamiento Computacional (PC) ha ganado relevancia en los currículos de Matemáticas de varios países, siendo reconocido como una capacidad esencial para la participación activa en la sociedad moderna. Este artículo presenta una práctica realizada en una clase de 4º año de la Escuela Primaria Portuguesa, donde se observaron dificultades en el contenido del tema Datos y Probabilidades. En la implementación, que se desarrolló en 4 sesiones y siguió el modelo de Prácticas Docentes Exploratorias, se utilizó la Plataforma *HypatiaMat* para promover la comprensión de contenidos como diagramas de tallo y hojas simples y dobles, moda, mínimo y máximo. Los resultados indican que el uso de estas herramientas digitales favoreció la comprensión de representaciones gráficas y análisis de datos y contribuyó al desarrollo del PC. El estudio destaca la importancia de las prácticas pedagógicas que incorporan recursos tecnológicos en la enseñanza de Matemáticas, destacando su potencial para enriquecer el aprendizaje y mejorar la alfabetización estadística de los estudiantes.

PALABRAS CLAVE: Artefactos digitales, Pensamiento Computacional, Datos y Probabilidad, Enseñanza Exploratoria, Diagrama de Tallos y Hojas.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento do pensamento computacional (PC) tem assumido uma crescente relevância nos currículos de Matemática em diversos países (Ministério da Educação (ME), 2021; Nordby et al., 2022; Pewkam & Chamrat, 2022). Conforme definido por Wing (2006), o PC é uma capacidade essencial que transcende a ciência da computação, capacitando os alunos para a sua participação efetiva na sociedade atual (Santana & Oliveira 2019). Articulado com os conteúdos curriculares, o PC tem o potencial de estimular e promover o desenvolvimento cognitivo dos estudantes (Schlogl et al., 2017). É necessário implementar práticas de ensino que favoreçam o desenvolvimento desta capacidade, dotando os alunos de ferramentas para resolver problemas (ME, 2021).

O uso de recursos tecnológicos na sala de aula desempenha um papel fundamental para a construção de conhecimento e para o desenvolvimento de competências essenciais, como o PC (Lee et al., 2022; Romero-Tena, et al, 2023). O *HypatiaMat* é “um dos projetos mais populares na área da matemática” (Verdasca et al., 2020, p. 5), com uma plataforma (PH) que promove a aprendizagem de conteúdos como organização e tratamento de dados (Pinto et. al, 2022). Com recurso a esta plataforma é possível analisar e discutir representações gráficas, desenvolvendo, deste modo, a literacia estatística (ME, 2021). A literacia estatística encontra-se associada a todas as áreas do saber, fazendo parte do nosso dia a dia, uma vez que os métodos e modos do pensamento estatístico são a base de diversas atividades (Martins et al., 2017).

Neste sentido, a prática educativa aqui apresentada mostra um conjunto de quatro sessões que visou desenvolver o PC e aprofundar o conhecimento dos alunos de uma turma do 4.º ano do 1.º Ciclo do Ensino Básico (CEB) português em relação ao diagrama de caule-e-folhas e aos conceitos estatísticos moda, máximo e mínimo, utilizando a PH. A turma era constituída por 24 alunos que evidenciavam dificuldades nas cinco dimensões do PC, na construção e análise do diagrama de caule-e-folhas duplo e nos conceitos estatísticos moda, máximo e mínimo.

Com base na problemática identificada, formula-se a seguinte questão de investigação que orienta o estudo: De que forma a utilização das *applets* da PH contribui para o desenvolvimento do pensamento computacional e para a compreensão de conceitos estatísticos, como o diagrama de caule-e-folhas, a moda, o mínimo e o máximo? Para responder a esta questão, define-se como objetivo para o estudo: compreender de que forma a utilização das *applets* “Diagrama de Caule-e-Folhas” e “Organização e tratamento de dados - moda, média e mediana”, da Plataforma *HypatiaMat*, pode promover a compreensão de representações gráficas e o desenvolvimento das dimensões do Pensamento Computacional em alunos do 4.º ano do 1.º Ciclo do Ensino Básico.

2. FUNDAMENTAÇÃO E CONTEXTO

Para que ocorra uma prática matemática enriquecedora, capaz de cativar os alunos, impulsionar as suas aprendizagens e desenvolvendo-os ao nível das habilidades de resolução de problemas, do raciocínio crítico e da comunicação de forma matemática é necessário expô-los a tarefas ricas e desafiantes (Canavarro et al., 2012; ME, 2021).

2.1 Pensamento Computacional

O PC tem vindo a ganhar destaque na investigação em educação ao longo dos últimos anos. Seymour Papert foi pioneiro ao abordar esta capacidade no seu livro “Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas” (1980), mas foi Jeannette Wing que aprofundou o seu estudo e realçou a importância da sua integração no ensino (Wing, 2006; Grover & Pea, 2013). Embora não haja um consenso claro sobre a sua definição, o PC é amplamente reconhecido como um conjunto de capacidades essenciais para a resolução de problemas (Ausiku & Matthee, 2021). O PC constitui uma habilidade crucial para a resolução de problemas complexos de forma estruturada e eficaz, frequentemente considerado uma competência associada à matemática, ainda que o seu desenvolvimento possa ocorrer em várias outras disciplinas (Moshella & Basso, 2020).

De forma semelhante a outros países, o PC foi integrado no currículo oficial de matemática, através das Aprendizagens Essenciais, em Portugal, no ano letivo 2022/2023, constituindo-se como uma capacidade matemática a ser desenvolvida (ME, 2021). Existem diversas dimensões associadas ao PC (Mohaghegh & MacCauley, 2016). Nas Aprendizagens Essenciais de Matemática (ME, 2021) são consideradas cinco dimensões do PC: a abstração, a decomposição, a algoritmia, a depuração e o reconhecimento de padrões. Recorrendo à abstração, é selecionada a informação mais importante, reduzindo, deste modo, a informação apresentada, dando especial destaque aos detalhes fulcrais para resolver uma determinada tarefa (Albuquerque, 2021). Através da decomposição, decompõe-se uma tarefa em tarefas mais simples, o que facilita o processo de conferir aprimoradamente se cada parte é resolvida de forma acertada. A decomposição envolve então a divisão de uma tarefa em tarefas mais pequenas, a opção dos aspetos essenciais a resolver, a compreensão da estrutura de uma determinada tarefa e a compreensão de como essas pequenas tarefas se interligam (Espadeiro, 2022). Por sua vez, a algoritmia permite desenvolver uma sequência finita de passos que possibilitem encontrar a solução de uma tarefa, este conjunto de passos poderá ser utilizado noutras tarefas (Brackmann, 2017). Relativamente à depuração, quando desenvolvida esta permite identificar e corrigir erros presentes nas propostas de resolução (Albuquerque, 2021). Por último, o reconhecimento de padrões é o processo de reconhecer padrões na resolução de uma tarefa e aplicar na resolução de outras tarefas semelhantes (Lee et al., 2022). Promover o desenvolvimento das várias dimensões do PC possibilita que a aprendizagem seja baseada na compreensão dos processos e no desenvolvimento de outras capacidades necessárias à resolução de problemas no quotidiano, tais como o pensamento crítico e o pensamento algorítmico (Voon et al., 2022).

Na sociedade do século XXI, as habilidades cognitivas suficientes para o exercício da cidadania já não se limitam ao ler, escrever e contar, é necessário que estas habilidades sejam expandidas, envolvendo processos de descrever, explicar e operar situações complexas (Conforto et. al, 2018). O Fórum Económico Mundial define dez capacidades essenciais que os futuros profissionais devem possuir e o PC desenvolve muitas delas, como: a resolução de problemas complexos; o pensamento crítico; a criatividade; a flexibilidade cognitiva; a coordenação; a inteligência emocional e a capacidade de julgamento e de tomada de decisões (World Economic Forum, 2016). Esta capacidade torna a aprendizagem mais significativa, uma vez que dá mais autonomia aos alunos, o que provoca um maior esforço da sua parte na procura de novos conhecimentos e na construção da sua própria aprendizagem (Conforto et. al, 2018). Cidadãos que possuam o desenvolvimento cognitivo necessário para resolver problemas de forma ágil e que tenham conhecimento nas diferentes áreas do saber, analisam dados de forma lógica e

representam-nos de maneira abstrata, distinguem os passos para resolver problemas, e resolvem-nos (Brackmann, 2017; Conforto et. al, 2018; Schlogl et al. 2017). Para além destas vantagens, os indivíduos que apresentem estas capacidades bem desenvolvidas terão maior empregabilidade, farão uma melhor compreensão do mundo, serão mais produtivos, estando bem mais preparados para as profissões atuais e futuras, que requerem uma formação cada vez mais multidisciplinar, carecendo de aprendizagem e aperfeiçoamento contínuo (Brackmann, 2017).

De acordo com os estudos de Santana et al. (2019) e Rodriguez et al. (2015), os contextos educativos, nomeadamente no âmbito da Educação Básica, têm dado bastante relevância ao PC, desenvolvendo nos alunos novas formas de estimular e intensificar a apropriação do conhecimento científico e capacidades cognitivas. É necessário aplicar processos de ensino e de aprendizagem que promovam o desenvolvimento do PC, uma vez que “são práticas imprescindíveis na atividade matemática e dotam os alunos de ferramentas que lhes permitem resolver problemas, em especial relacionados com a programação.” (ME, 2021, p. 3).

2.2 Literacia estatística

Na sociedade contemporânea, a literacia estatística capacita os indivíduos a interpretar notícias e participar em debates sobre questões sociais, já que muitas decisões dependem de investigações conduzidas a partir de uma perspetiva estatística (Steen, 2003). Inserida no campo da Matemática, a Estatística caracteriza-se por um raciocínio particular, voltado para a análise da variabilidade e da incerteza, implicando abordagens distintas no contexto dos processos de trabalho (Martins et al., 2017).

No 4.º ano de escolaridade em Portugal, a literacia estatística é desenvolvida dentro do tema Dados e Probabilidades (ME, 2021) abrangendo tópicos como: as questões estatísticas, a recolha e organização de dados, as representações gráficas e a análise de dados. Pereira (2013), numa investigação realizada no contexto do 1.º e 2.º CEB, identificou que os alunos apresentavam dificuldades significativas no diagrama de caule-e-folhas, particularmente na atribuição e justificação do título e na interpretação dos dados.

A estrutura fundamental na criação de um diagrama de caule-e-folhas consiste na divisão de cada elemento do conjunto de dados em duas partes distintas: o caule e a folha, distribuídos em cada lado de uma linha vertical (Martins & Ponte, 2010). Para construir um diagrama de caule-e-folhas, começa-se por identificar o menor e o maior valor do conjunto de dados. Cada número é dividido em duas partes: o caule, que corresponde ao primeiro algarismo, e a folha, que corresponde ao último (Martins & Ponte, 2010). As folhas são organizadas por ordem crescente à direita de uma linha vertical, enquanto os caules são registados à esquerda (Oliveira & Oliveira, 2011). Porém é necessário que os alunos entendam que, este diagrama permite também organizar dados com números com mais de dois algarismos, escolhendo-se o algarismo das unidades para a folha e os restantes algarismos dos números para o caule (Carvalho et al., 2020).

O gráfico ou diagrama de caule-e-folhas é uma forma de representação utilizado para organizar dados quantitativos de diversos tipos (Martins & Ponte, 2010). Encontra-se numa posição intermédia entre tabelas e gráficos, uma vez que apresenta os valores reais da amostra, no entanto de forma sugestiva, assemelhando-se a um histograma (Martins & Ponte, 2010). Este tipo de representação de dados facilita a ordenação e visualização do conjunto de dados.

2.3 *HypatiaMat*

O uso de diversos artefactos digitais da PH, criada pelo projeto *HypatiaMat*, tem contribuído de forma positiva para a aprendizagem da matemática dos alunos, como se verifica nos estudos de Escaroupa (2023), Freitas (2024) e Gomes (2023).

A PH tem diversos artefactos digitais que englobam jogos sérios e aplicações interativas, designadas por *applets*, que são fundamentadas no currículo e têm como intuito ensinar, aprender e treinar diversas capacidades (Pinto et al, 2022).

Quando um artefacto digital é utilizado pelos alunos de forma significativa para resolver uma tarefa, este passa a ser considerado uma ferramenta. De acordo com Lopes e Costa (2019), a transformação em ferramenta epistémica ocorre quando o artefacto é utilizado para promover aprendizagens e construir conhecimento. À medida que os artefactos se transformam em ferramentas epistémicas, a qualidade da aprendizagem tende a melhorar (Silva et al., 2021).

Lopes e Costa (2019) recomendam a integração de outros artefactos epistémicos para que um artefacto digital possa proporcionar vantagens educacionais, como é o caso dos guiões de exploração. Estes guiões devem complementar e enriquecer a utilização do artefacto digital. O conceito de ferramenta epistémica está relacionado com as práticas epistémicas (Lopes & Costa, 2021). As ações dos professores são fatores determinantes para a promoção, ou não, das práticas epistémicas entre os alunos (Lopes et al., 2018).

3. DESCRIÇÃO DA PRÁTICA EDUCATIVA E SUA IMPLEMENTAÇÃO

Os dados recolhidos e apresentados neste artigo foram utilizados exclusivamente para a descrição da prática educativa, havendo o consentimento autorizado de todos os Encarregados de Educação e do Agrupamento de Escolas, mantendo-se o anonimato dos alunos envolvidos. Esta prática enquadra-se no âmbito do projeto aprovado pelo Comité de Ética do Instituto Politécnico de Coimbra do Instituto Politécnico de Coimbra (101_CEIPC/2022, aprovado a 24 junho 2022).

Este estudo resulta de um conjunto de quatro sessões, que decorreram no âmbito do contexto de estágio e que foram planificadas e implementadas por uma Professora Estagiária (PE). A prática foi desenvolvida numa turma do 4.º ano de escolaridade do 1.º CEB, constituída por vinte e quatro alunos, oito rapazes e dezasseis raparigas, com idades compreendidas entre os nove e os dez anos. Os alunos apresentavam dificuldades nas cinco dimensões do PC e no tema Dados e Probabilidades, especificamente na construção e análise do diagrama de caule-e-folhas, como por exemplo na atribuição dos elementos fundamentais, como título, fonte e legenda e na interpretação dos dados apresentados como a moda, o mínimo e o máximo.

Durante as quatro sessões, os alunos foram agrupados em nove pares e dois trios, de acordo com as condições da Zona de Desenvolvimento Proximal, conforme proposto por Vygotsky (1980). Para a elaboração dos grupos teve-se em consideração os níveis de desenvolvimento dos alunos, juntando elementos com níveis próximos, mas não iguais. Deste modo, construiu-se um conjunto de tarefas (Figura 1) que tinham como objetivo mapear as dificuldades dos alunos e elaborar uma proposta de intervenção que permitisse colmatar as dificuldades detetadas.

A Leonor fez a sua festa de aniversário com amigos e familiares. Ela registou num papel a altura em centímetros dos seus convidados.

160	137	164	135	157	149
157	154	138	149	138	175
178	194	157	148	136	153

A Bárbara no mês seguinte fez a sua festa de aniversário e registou também a altura dos seus convidados.

172	144	156	138	158	151
153	148	145	154	139	157
130	159	153	163	161	171

Fonte: própria.

1. Organiza os dados num diagrama de caule-e-folhas duplo. **Descreve** os passos que fizeste para construir o diagrama de caule-e-folhas duplo, explicando como pensaste usando palavras, esquemas ou desenhos.

2. Identifica as informações que foram essenciais para construíres o diagrama de caule-e-folhas duplo.

Figura 1 Excertos das tarefas implementadas antes da intervenção.

Estas tarefas foram utilizadas como avaliação formativa, pois permitiram apoiar a planificação das sessões tendo em conta os conhecimentos e as dificuldades dos alunos. Esta ação alinha-se com o que referem Lopes e Silva (2020), que a avaliação formativa possibilita averiguar o “conhecimento dos alunos, as suas perceções, conceções alternativas e falhas na aprendizagem” (p.3) de maneira a usar “esses dados para informar a planificação das aulas e a prática pedagógica” (p.3). Estas tarefas envolviam os conceitos de diagrama de caule-e-folhas duplo, a moda, o mínimo e o máximo, bem como as diferentes dimensões do PC.

Conhecendo as potencialidades do uso de artefactos digitais da PH na aprendizagem dos alunos (Escaroupa, 2023; Freitas, 2024; Gomes, 2023), selecionaram-se as *applets* “Organização e tratamento de dados - moda, média e mediana” e “Diagrama de caule-e-folhas”. Estas *applets* permitem explorar os conceitos de diagrama de caule-e-folhas, moda, mínimo e máximo.

Ao longo de quatro sessões, os alunos realizaram em grupo, simultaneamente, tarefas na PH e nas folhas de exploração criadas (Figura 2). As folhas de exploração contêm os *frames* explorados em cada sessão e questões orientadas para o desenvolvimento das cinco dimensões do PC.

Lê com atenção o *frame* 34 do *Hypatiamat*.

1. Sublinha as informações mais importantes para conseguires resolver o que te é pedido.

1.1. Resolve a tarefa no *Hypatiamat* e depois completa a tabela abaixo com a tua resolução.

Na tabela estão as medidas, em centímetros (cm), das alturas dos alunos da turma da *Hypatia*.

115	127	113	128	131
125	120	127	121	116
119	123	119	119	130
128	118	122	114	121

Completa a seguinte tabela, com as restantes medidas, escritas por ordem crescente:

113									
120									
130									

Figura 2 Excerto das folhas de exploração das sessões.

As *applets* e os *frames* explorados em cada sessão apresentam-se na Tabela 1.

Tabela 1- *Frames* explorados nas quatro sessões.

Sessões	<i>Applets</i>	<i>Frames</i>
1	Diagrama de Caule-e-Folhas	34, 43, 44, 45, 46
2	Organização e tratamento de dados- moda, média e mediana.	5, 8
	Diagrama de Caule-e-Folhas	49
3	Diagrama de Caule-e-Folhas	55, 56, 57, 58
4	Diagrama de Caule-e-Folhas	59, 60, 61, 62

Em cada sessão, os grupos tiveram à sua disposição um computador e a uma folha de exploração. O acesso à plataforma era feito autonomamente com o apoio de um guião de acesso à PH (Figura 3). Este acesso também era apoiado pela PE, através da projeção dos procedimentos a seguir, no quadro branco.

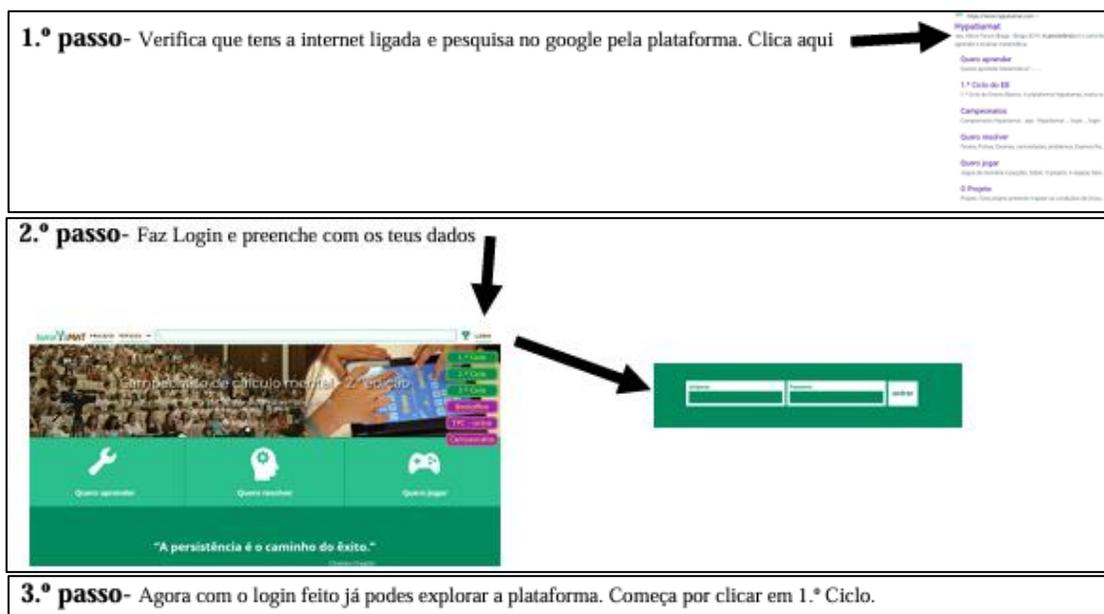


Figura 3 Excerto do guião de acesso à PH.

Na primeira sessão pretendia-se que os alunos reconhecessem que o diagrama de caule-e-folhas é um tipo de representação de dados quantitativos constituído por um caule e pelas folhas. Pretendia-se ainda que fossem capazes de construir, passo a passo, um diagrama de caule-e-folhas simples e que interpretassem e analisassem os dados. Neste sentido, a tarefa de construção do gráfico orientava o aluno, uma vez que disponibilizava uma tabela de apoio à construção (Figura 4).

► Na tabela estão as medidas, em centímetros (cm), das alturas dos alunos da turma da Hypatia.

115	127	113	128	131
125	120	127	121	116
119	123	119	119	130
128	118	122	114	121

Completa a seguinte tabela, com as restantes medidas, escritas por ordem crescente:

113								
120								
130								

Figura 4 Tabela presente na PH.

A segunda sessão tinha como objetivos “identificar a(s) moda(s) num conjunto de dados.”, “reconhecer o mínimo e o máximo num conjunto de dados quantitativos discretos” (ME, 2021, p.39) e “Ler, interpretar e discutir a distribuição dos dados, salientando criticamente os aspetos mais relevantes, ouvindo os outros e discutindo de forma fundamentada” (ME, 2021, p. 39). A última tarefa explorada na folha de exploração desta sessão (Figura 5), interliga os conteúdos abordados na sessão anterior, ou seja, os alunos tinham de identificar o mínimo e o máximo num diagrama de caule-e-folhas simples.

ORGANIZAÇÃO E TRATAMENTO DE DADOS
MODA, MÉDIA E MEDIANA

Na escola do Tobias foi efetuado um inquérito a 20 alunos de uma turma para saber qual o seu fruto preferido. As respostas dos alunos foram as seguintes:

morango	maçã	cereja	banana	ananás	maçã	cereja
banana	maçã	banana	cereja	banana	maçã	cereja
morango	banana	morango	maçã	ananás	banana	

Qual é a **moda** deste conjunto de dados?

R: A moda é

2.2. Explica, passo a passo, como pensaste para descobrir a moda deste conjunto de dados, usando palavras, desenhos ou esquemas.

Figura 5 Excerto da folha de exploração da 2.ª sessão.

Na terceira sessão, os alunos construíram e interpretaram os dados de um diagrama de caule-e-folhas simples, incluindo a identificação do máximo, na PH e na folha de exploração (Figura 6). No entanto, para a construção do gráfico já não foi disponibilizada uma tabela de apoio à construção, aumentando assim o grau de dificuldade da tarefa.

REPRESENTAÇÃO DE DADOS 2
CAULE-E-FOLHAS

Depois de uma atividade desportiva realizada na escola do Tobias, foram registadas, na tabela seguinte, as pulsações (número de batimentos por minuto) de cada um dos alunos participantes:

106	105	106	119	84	83	97	112	100	135
96	116	107	107	132	107	101	87	100	118
115	90	113	129	118	131	104	139	129	101

Organiza os dados num **DIAGRAMA DE CAULE-E-FOLHAS**:

Pulsações dos alunos participantes numa atividade desportiva na escola do Tobias

8|0 significa

4.2. Descreve os passos que fizeste para construir o diagrama de caule-e-folhas simples, explicando como pensaste usando palavras, esquemas ou desenhos.

Figura 6 Excerto da folha de exploração da 3.ª sessão.

Por último, a quarta sessão tinha como objetivo explorar o diagrama de caule-e-folhas duplo a partir da comparação com o diagrama de caule-e-folhas simples. Os alunos construíram um diagrama de caule-e-folhas duplo e identificaram a moda, o mínimo e o máximo, na PH e na folha de exploração (Figura 7).

REPRESENTAÇÃO DE DADOS 2 CAULE-E-FOLHAS

Na mesma Semana do Desporto, trinta alunos da escola do **Fernando** participaram também numa prova de corrida de 200 metros. Os tempos (em segundos) que obtiveram foram os seguintes:

30	36	37	57	52	31	41	40	37	33
29	50	55	26	54	25	27	34	51	42
51	47	31	45	29	42	32	48	32	52

► Para comparar o desempenho dos alunos das duas escolas, o **Tobias** está a representar os tempos obtidos em **DIAGRAMAS DE CAULE-E-FOLHAS** paralelos. Ajuda o **Tobias** a completar:

Escola do Tobias	Escola do Fernando
2	
3	
4	
5	

3 | 0 significa 30

1.2. Descreve os passos que fizeste para construir o diagrama de caule-e-folhas duplo.

2. Identifica as informações que foram essenciais para construíres o diagrama de caule-e-folhas duplo.

Figura 7 Excerto da folha de exploração da 4.ª sessão.

A estrutura das quatro sessões teve por base o modelo de ensino exploratório abordado por Canavarro et al. (2012). Deste modo, cada sessão foi organizada em quatro fases: introdução da tarefa; realização da tarefa; discussão da tarefa e sistematização das aprendizagens matemáticas.

No final das quatro sessões, os alunos resolveram novamente um conjunto de tarefas (Figura 8) semelhantes às realizadas antes das sessões, com o objetivo de perceber se as suas dificuldades iniciais foram colmatadas.

As professoras de uma escola estavam em reunião e decidiram planejar uma visita de estudo. Para decidirem o destino da viagem dividiram-se em dois grupos, o grupo 1 constituído por professoras do 3.º ano e o grupo 2 constituído por professoras do 4.º ano. Cada grupo procurou diferentes destinos e apontou os minutos de viagem para cada local.

De seguida apresentam-se os tempos de viagem que as professoras do grupo 1 apontaram.

60	90	135	60	148	60
45	75	30	50	130	148
100	120	157	57	135	153

De seguida apresentam-se os tempos de viagem que as professoras do grupo 2 apontaram.

180	120	150	110	165	157
175	145	156	115	148	65
130	138	105	180	140	60

Fonte: própria.

1. Organiza os dados num diagrama de caule-e-folhas duplo. **Descreve** os passos que fizeste para construir o diagrama de caule-e-folhas duplo.

2. Identifica as informações que foram essenciais para construíres o diagrama de caule-e-folhas duplo.

Figura 8 Excertos das tarefas implementadas após a intervenção.

4. AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DA PRÁTICA E PRINCIPAIS RESULTADOS

A apresentação e discussão de resultados será efetuada iniciando-se pelas evidências do desenvolvimento dos conhecimentos matemáticos dos alunos e, por último, com as evidências do desenvolvimento das dimensões da capacidade matemática PC. Assim, serão apresentadas as resoluções efetuadas pelos alunos antes da intervenção e após a intervenção, sendo discutidas as evidências das dificuldades e dos conhecimentos dos alunos antes e depois da intervenção.

Relativamente aos diagramas de caule-e-folhas, a resolução do aluno O à tarefa 5 antes das sessões (Figura 9) mostra que o aluno teve dificuldades em identificar os elementos constituintes de um diagrama de caule-e-folhas duplo.

5. Verifica se construiste o diagrama de caule-e-folhas duplo corretamente na tarefa 1. Indica todos os elementos que devem estar presentes num diagrama de caule-e-folhas duplo. Explica como pensaste usando palavras, esquemas ou desenhos.

Têm que estar presentes a centena e a dezena estão separadas das unidades com um traço. E depois vamos e colocamos no sítio certo.

Figura 9 Resolução do aluno O antes da intervenção.

Após as sessões (Figura 10), a resolução do aluno O evidencia uma evolução no seu conhecimento acerca da construção do diagrama de caule-e-folhas duplo, uma vez o aluno foi capaz de identificar os três elementos essenciais de um diagrama de caule-e-folhas duplo.

5. Verifica se construiste o diagrama de caule-e-folhas duplo corretamente na tarefa 1. Indica todos os elementos que devem estar presentes num diagrama de caule-e-folhas duplo. Explica como pensaste usando palavras, esquemas ou desenhos.

São os títulos "tempo de viagens do grupo 1" e "tempo de viagens do grupo 2". A fonte que é "a fonte própria" e a legenda.

Figura 10 Resolução do aluno O depois da intervenção.

A transcrição seguinte, que decorreu numa das sessões do estudo, evidencia, mais uma vez, a compreensão dos alunos relativamente aos elementos de constituição de um diagrama de caule-e-folhas duplo, mais especificamente comparando-o com os elementos de um diagrama de caule-e-folhas simples.

PE: ... qual é a primeira diferença que vocês a olhar para isto notam de um diagrama de caule-e-folhas simples para um diagrama de caule-e-folhas duplo? Diz aluno Z! (tinha colocado o dedo no ar)

Aluno Z: O diagrama de caule-e-folhas simples... só tem... (pausa de 3 segundos) só tem... só tem folhas "pra" direita.

PE: O diagrama de caule-e-folhas simples só tem folhas para a direita e o duplo?

Aluno Z: Tem "pa" direita e esquerda.

PE: Tem para a direita e para a esquerda do caule. Para além disso, quantos títulos tem o diagrama de caule-e-folhas simples?

Aluno C: Um!

PE: E o duplo?

Alguns alunos: Dois!

PE: O diagrama de caule-e-folhas duplo tem que ter dois títulos porque senão nós não sabíamos onde organizar os dados da escola do Tobias nem onde organizar a escola do Fernando, ok? (pausa de 3 segundos)

(Fonte: Elaboração própria)

Relativamente à interpretação dos dados presentes no diagrama de caule-e-folhas duplos, a resolução do aluno C à tarefa 3 (Figura 11), evidencia que antes das sessões o aluno não analisa o gráfico como um todo, mas sim como dois diagramas de caule-e-folhas simples, uma vez que apresenta um mínimo e um máximo para cada conjunto de dados (ME, 2021). Além disso, apesar de apresentar os valores não os identifica como mínimo e máximo.

3. Considerando o diagrama de caule-e-folhas duplo elaborado na tarefa 1, qual é a altura do convidado mais baixo? E do mais alto? O que significam estes valores nos dados registados nas duas festas? **Explica** como pensaste, usando palavras, esquemas ou desenhos.

<p>Mais Barbaço</p> <p>Mais baixo: 1,30</p> <p>Mais alto: 1,72</p> <p>Leonor</p> <p>Mais baixo: 1,35</p> <p>Mais alto: 1,94</p>	<p>Estes dois valores significam a altura dos convidados nas duas festas.</p>
---	---

Figura 11 Resolução do aluno C antes da intervenção.

Após as sessões (Figura 12) o aluno já foi capaz de identificar apenas um mínimo e um máximo, evidenciando ser capaz de efetuar uma análise correta do diagrama de caule-e-folhas duplo. Para além disso, reconhece a viagem que demora mais tempo como o valor máximo e a viagem que demora menos tempo como o valor mínimo.

3. Considerando o diagrama de caule-e-folhas duplo elaborado na tarefa 1, quanto demora a viagem mais longa? E a mais curta? O que significam estes valores nos dados registados nos dois grupos? **Explica** como pensaste, usando palavras, esquemas ou desenhos.

<p>A viagem que demora:</p> <p>Mais tempo → 180 min</p> <p>Menos tempo → 30 min</p> <p>A viagem que demora mais tempo significa o máximo a que demora menos tempo significa o Mínimo.</p>

Figura 12 Resolução do aluno C depois da intervenção.

Na proposta de resolução do aluno A à tarefa 4, (Figura 13) verificamos que, antes da intervenção, o aluno apresentou dois valores para a moda, não analisando o diagrama de caule-e-folhas duplo como um todo. Além disso, o aluno identificou os valores apenas como os que se repetem mais vezes, sem mencionar a palavra moda.

4. Qual foi a altura mais registada? O que significa este valor? Explica como pensaste, usando palavras, esquemas ou desenhos.
<p>A altura ^{mais} registada da festa da Bárbara é 1,57 A altura mais registada da festa da Leonor é 1,53. E significa que é a altura ^{que é} mais as pessoas mais têm.</p>

Figura 13 Resolução do aluno A antes da intervenção.

Após as sessões (Figura 14), o aluno evidencia ser capaz de reconhecer corretamente o valor da moda no diagrama de caule-e-folhas duplo, apresentando-o e mencionando-o como sendo a moda.

4. Qual foi o tempo de viagem mais registado? O que significa este valor? Explica como pensaste, usando palavras, esquemas ou desenhos.
<p>O tempo da viagem mais registada significa a moda. tempo mais registado é 60.</p>

Figura 14 Resolução do aluno A depois da intervenção.

Ao longo das sessões, pretendia-se que os alunos compreendessem que para descobrir a moda, o mínimo e o máximo num diagrama de caule-e-folhas duplo deviam analisar o diagrama globalmente e não apontando um valor para os dados organizados do lado direito e outro valor para os dados organizados do lado esquerdo. A transcrição seguinte mostra que os alunos compreenderam o pretendido.

PE: Ok, para descobrir o mínimo num diagrama de caule-e-folhas duplo basta olhar para a...

Aluno F: Primeira linha.

PE: Primeira linha, o mínimo está sempre na primeira linha. E para as folhas mais... Diz aluno L!

Aluno L: Perto.

PE: (...) Depois o mínimo é o dado com o...

Aluno B: Maior?

Aluno Z: Menor!

PE: Menor algarismo das unidades, se é o mínimo. (...) Para descobrir o máximo num diagrama de caule-e-folhas duplo basta olhar para a...

Alguns alunos: Última.

PE: Última linha e para as duas folhas mais...

Aluno V: Longe?

PE: Distante ou longe do caule, boa! A do lado direito e a do lado esquerdo depois o máximo é o dado com...

Alguns alunos: Maior.

PE: Algarismo das unidades, boa! A moda é o dado...

Alguns alunos: Mais.

PE: Mais registado nos dois conjuntos de dados, ou seja, um diagrama de caule-e-folhas tem quantas modas?

Alguns alunos: Uma.

(Fonte: Elaboração própria)

A resolução do aluno J à tarefa 1 (Figura 15), antes da intervenção, para além de evidenciar as lacunas de conhecimento relativamente à organização dos dados num diagrama de caule-e-folhas duplo, evidencia a ausência do desenvolvimento da dimensão algorítmica do PC uma vez que o aluno não é capaz de descrever os passos que efetuou para a resolução da tarefa.

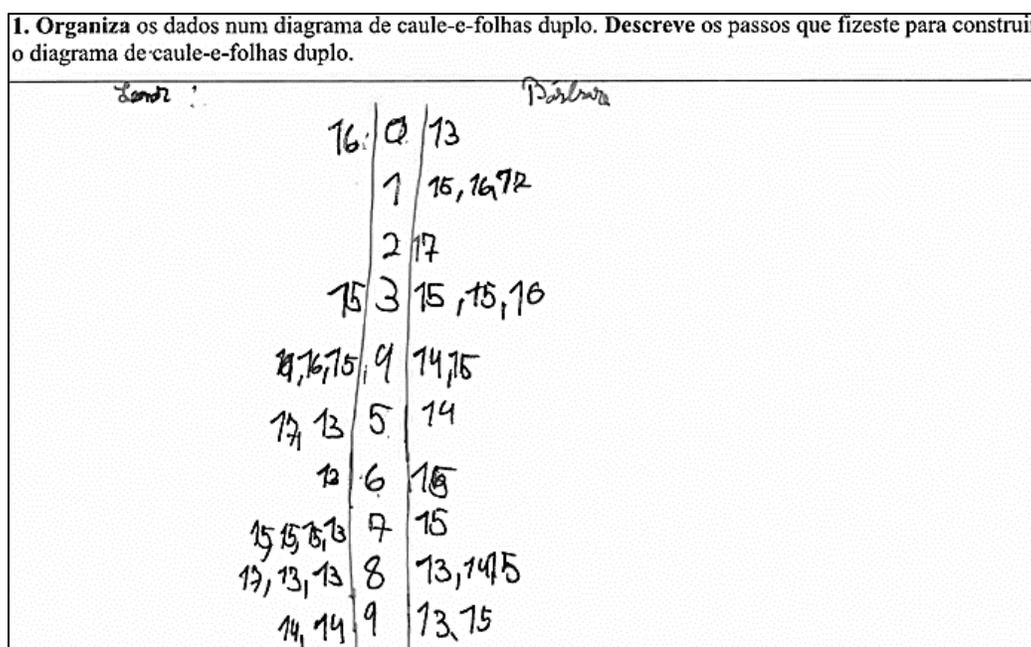


Figura 15 Resolução do aluno J antes da intervenção.

No entanto, depois da intervenção, a sua resolução (Figura 16) evidencia o desenvolvimento desta dimensão do PC uma vez que o aluno descreve e ordena corretamente as etapas da construção do diagrama (Brackmann, 2017). Ainda relativamente às dimensões de PC, o desenvolvimento da dimensão reconhecimento de padrões torna-se evidente nesta resolução uma vez que o aluno é capaz de reconhecer padrões no processo de construção de um diagrama de caule-e-folhas duplo (Lee et al., 2022). Ao decompor a construção do diagrama em tarefas mais simples, o aluno evidencia ainda o desenvolvimento da dimensão decomposição. (Espadeiro, 2022).

1. Organiza os dados num diagrama de caule-e-folhas duplo. Descreve os passos que fizeste para construir o diagrama de caule-e-folhas duplo.

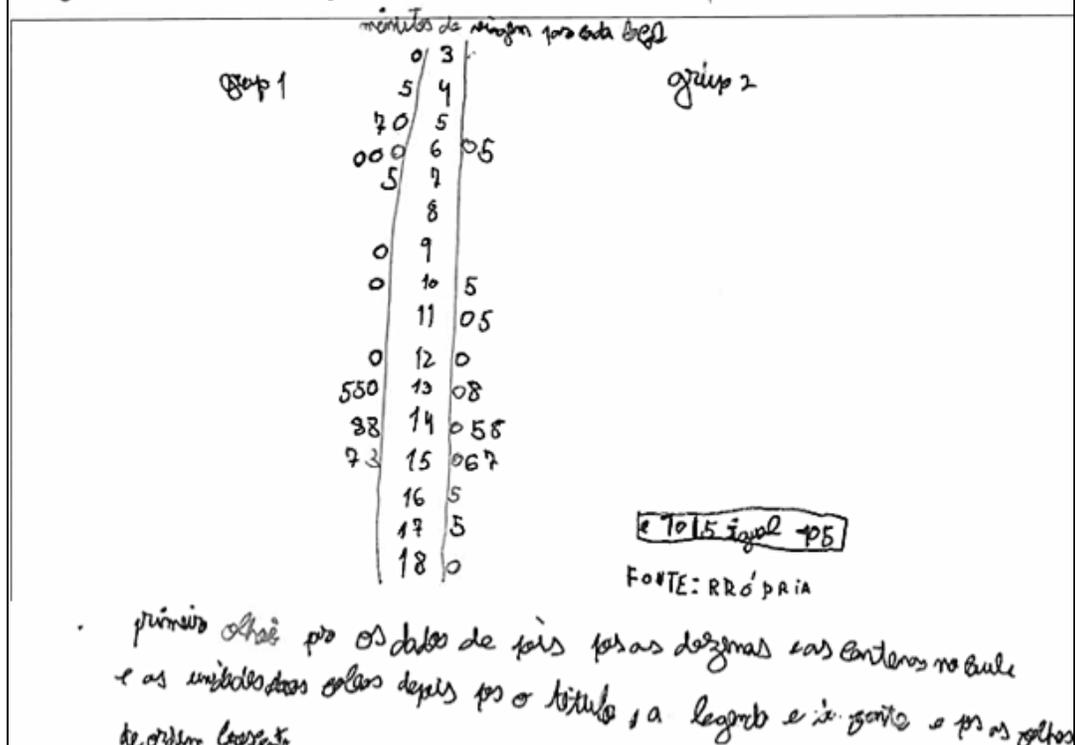


Figura 16 Resolução do aluno J depois da intervenção.

Relativamente à dimensão abstração do PC é possível observar (Figura 17) que, antes das sessões, o aluno K não é capaz de especificar as informações essenciais para resolver a tarefa (Albuquerque, 2021).

2. Identifica as informações que foram essenciais para construíres o diagrama de caule-e-folhas duplo.

As informações foram essenciais

Figura 17 Resolução do aluno K antes da intervenção.

Após as sessões (Figura 18), evidencia-se uma evolução na capacidade de abstração do aluno K, que agora apresenta detalhadamente as informações essenciais à resolução da tarefa.

2. Identifica as informações que foram essenciais para construíres o diagrama de caule-e-folhas duplo.

os dados, o enunciado e a fonte: própria

Figura 18 Resolução do aluno K depois da intervenção.

Relativamente à tarefa 5, onde se pretendia analisar a dimensão depuração, o aluno Z, bem como grande parte dos alunos da turma, deixou em branco o campo para a resolução da tarefa. Nesta tarefa, era solicitado que os alunos verificassem as resoluções efetuadas, procurando identificar e corrigir erros (Albuquerque, 2021), e, por último, que indicassem os elementos que devem estar presentes num diagrama de caule-e-folhas duplo. Na resolução do

aluno Z após a intervenção (Figura 19), torna-se evidente a capacidade de o aluno identificar que construiu corretamente o diagrama de caule-e-folhas duplo, referindo que “sim” e finalizando com a indicação dos elementos que devem estar presentes.

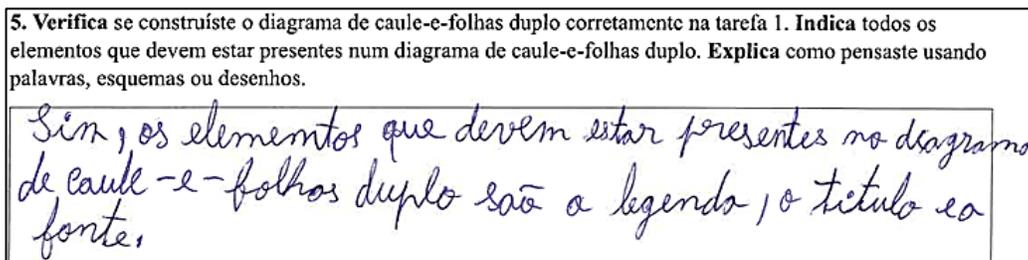


Figura 19 Resolução do aluno Z após a implementação.

5. CONCLUSÃO E IMPLICAÇÕES

Os resultados deste estudo evidenciam que a integração das *applets* da PH, especificamente “Organização e tratamento de dados, moda, média e mediana” e “Diagrama de Caule-e-Folhas”, na sala de aula, teve um impacto significativo no desenvolvimento das dimensões do Pensamento Computacional e das aprendizagens dos conceitos estatísticos analisados.

O ensino exploratório permitiu uma integração mais estruturada de artefactos digitais, resultando na compreensão das representações gráficas, particularmente do diagrama de caule-e-folhas, e na análise e interpretação dos dados, particularmente os conceitos como moda, mínimo e máximo. Além disso, contribuiu para o desenvolvimento das dimensões do PC, nomeadamente, a abstração, a decomposição, a algoritmia, o reconhecimento de padrões e a depuração. A abordagem exploratória, aliada à utilização de guiões de exploração, possibilitou que os alunos construíssem o seu conhecimento de forma ativa e significativa, através da autonomia obtida durante a realização das tarefas. As interações entre os alunos durante a resolução das tarefas promoveram o trabalho colaborativo, e os momentos de discussão mediados pela PE foram cruciais para a sistematização das aprendizagens desenvolvidas durante as sessões. As tarefas realizadas antes e depois das quatro sessões permitiram que fosse verificado o progresso dos alunos tanto em termos de conhecimentos matemáticos como no desenvolvimento das dimensões do PC. Importa referir que este estudo tem um carácter qualitativo, no entanto, sendo parte de um estudo mais amplo que integra um relatório final de mestrado, posteriormente será realizada uma análise quantitativa para aprofundar e validar estes resultados. Relativamente à implementação do modelo de ensino exploratório, verificou-se que, embora a turma não estivesse habituada à estruturação das aulas deste modo, a resposta dos alunos foi bastante positiva. Ainda assim, a principal dificuldade encontrada pela PE foi a gestão do tempo, especialmente na fase de realização das tarefas. Em práticas futuras, recomenda-se um controlo mais rigoroso do tempo, especialmente nesta fase, garantindo que as propostas cumpram os objetivos e contribuam positivamente para os processos de ensino e de aprendizagem. Importa ainda referir que a intervenção foi aplicada a uma única turma, com um número reduzido de participantes (24 alunos), o que impossibilita a generalização dos resultados — ainda que este não fosse o objetivo do estudo. Os dados recolhidos, no entanto, oferecem indícios relevantes para reflexão e investigação futura, especialmente no que respeita à

integração de artefactos digitais e à promoção do desenvolvimento do Pensamento Computacional no 1.º CEB.

A implementação deste projeto no contexto de estágio possibilitou o desenvolvimento de competências essenciais para a formação da PE. A experiência com o ensino exploratório permitiu compreender a postura que o professor deve adotar, evidenciando a eficácia deste modelo na realização de diversas tarefas. Além disso, as vantagens da utilização da PH na aprendizagem dos alunos foram confirmadas, sendo recomendado o seu uso em práticas futuras. Estes resultados reforçam a importância de integrar, na formação inicial de professores, experiências práticas que envolvam metodologias ativas, contribuindo para que os futuros professores desenvolvam competências pedagógicas alinhadas com as exigências atuais do ensino da Matemática. A articulação entre teoria e prática, aliada à reflexão crítica sobre as estratégias utilizadas, revela-se essencial para a formação de professores capazes de promover aprendizagens significativas e de responder aos desafios do ensino no século XXI.

Considera-se que este estudo contribui de forma significativa para a investigação sobre a capacidade matemática do Pensamento Computacional, apresentando uma proposta didática inovadora que integra o desenvolvimento desta capacidade com conteúdos matemáticos do tema Dados e Probabilidades, utilizando a plataforma *HypatiaMat*. Por último, para futuras práticas sugere-se que esta forma de integração de artefactos digitais seja investigada noutros anos de escolaridade.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é financiado por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto UIDB/50008/2023 (IT), UIDB/05198/2023 (Centro de Investigação e Inovação em Educação, inED), UIDB/00194/2023 (CIDTFF), UID/06185/2023 (SPRINT – Centro de Investigação & Inovação em Desporto, Atividade Física e Saúde) e no âmbito da bolsa de doutoramento 2022.09720.BD.

REFERÊNCIAS

- Albuquerque, C. (2021). Pensamento Computacional e Matemática. *Educação e Matemática*, 162, 31–38.
- Ausiku, M., & Matthee, M. (2021). Preparing primary school teachers for teaching computational thinking: A systematic review. In *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 12511 LNCS, 202-213. https://doi.org/10.1007/978-3-030-66906-5_19
- Brackmann, C. P. (2017). Desenvolvimento do pensamento computacional através de atividades desplugadas na educação básica [Tese de doutoramento, Universidade Federal do Rio Grande do Sul]. *Lume Repositório Digital*. <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/172208>
- Canavarro, A., Oliveira, H., & Menezes, L. (2012). Práticas de ensino exploratório da matemática: O caso de Célia. In P. Canavarro, L. Santos, A. Boavida, H. Oliveira, L. Menezes, & S. Carreira (Orgs.), *Actas do Encontro de Investigação em Educação Matemática 2012: Práticas de ensino da matemática* (pp. 1-12). Portalegre: Sociedade Portuguesa de Investigação em Educação Matemática. <http://hdl.handle.net/10451/7041>
- Carvalho, A., Santos, C., & Teixeira, R. C. (2020). Temas da matemática elementar: Diagrama de caule-e-folhas. *Jornal das Primeiras Matemáticas*, (15), 55-66.

- Conforto, D., Cavedini, P., Miranda, R. L., & Caetano, S. V. (2018). Pensamento computacional na educação básica: Interface tecnológica na construção de competências do século XXI. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, 1(1), 99-112. <https://doi.org/10.5335/rbecm.v1i1.8481>
- Escaroupa, A. (2023). *O uso da applet calcrapid da plataforma Hypatiamat na promoção do cálculo mental* [Relatório final de mestrado, Escola Superior de Educação de Coimbra]. Repositório Comum.
- Espadeiro, R. (2022). *O pensamento computacional no currículo de matemática*. Educação e Matemática.
- Freitas, Y. (2024). *A applet multiplicação da Plataforma Hypatiamat na compreensão dos sentidos da operação aritmética multiplicação*. [Relatório final de Mestrado, Escola Superior de Educação de Coimbra]. Repositório Comum.
- Gomes, A. (2023). *Desenvolvimento da aritmética mental utilizando o jogo SAM da plataforma Hypatiamat*. [Relatório final de Mestrado, Escola Superior de Educação de Coimbra]. Repositório Comum.
- Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational thinking in K–12: A review of the state of the field. *Educational Researcher*, 42(1), 38–43. <https://doi.org/10.3102/0013189X12463051>
- Lee, J., Joswick, C., Pole, K., & Jocius, R. (2022). Algorithm design for young children. *Contemporary Issues in Early Childhood*, 23(2), 198–202. <https://doi.org/10.1177/14639491211033663>
- Lopes, J. P., & Silva, H. S. (2020). *50 técnicas de avaliação formativa* (2.ª ed.). PACTOR.
- Lopes, J., & Costa, C. (2019). Digital resources in science, mathematics and technology teaching – How to convert them into tools to learn. In M. Tsitouridou, J. A. Diniz, & T. Mikropoulos (Eds.), *Technology and innovation in learning, teaching and education* (pp. 243–255). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20954-4_18
- Lopes, J., & Costa, C. (2021). Converting digital resources into epistemic tools enhancing STEM learning. In A. Reis, J. Barroso, J. Lopes, T. Mikropoulos, & C. Fan (Eds.), *Technology and innovation in learning, teaching and education* (pp. 1–18). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-73988-1_1
- Lopes, J., Viegas, M., & Pinto, A. (2018). *Melhorar práticas de ensino de ciências e tecnologia – Registrar e investigar com narrações multimodais*. Edições Sílabo.
- Martins, F., Duque, I., Pinho, L., Coelho, A., & Vale, V. (2017). *Educação pré-escolar e literacia estatística: A criança como investigadora*. Psicossoma.
- Martins, M. E. G., & Ponte, J. P. (2010). *Organização e tratamento de dados*. DGIDC.
- Ministério da Educação (2021). *Aprendizagens Essenciais de Matemática*. Ministério da Educação.
- Mohaghegh, M., & McCauley, M. (2016). Computational thinking: The skill set of the 21st century. *International Journal of Computer Science and Information Technologies (IJCSIT)*, 7(3), 1524–1530.
- Moschella, M., & Basso, D. (2020). Computational thinking, spatial and logical skills. An investigation at primary school. *Ricerche Di Pedagogia e Didattica*, 15(2), 69–89. <https://doi.org/10.6092/issn.1970-2221/11583>
- Nordby, S. K., Bjerke, A. H., & Mifsud, L. (2022). Primary Mathematics Teachers' Understanding of Computational Thinking. *KI - Kunstliche Intelligenz*, 36(1), 35–46. <https://doi.org/10.1007/s13218-021-00750-6>
- Oliveira, A., & Oliveira, T. (2011). *Elementos de Estatística Descritiva*. Lisboa.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books.
- Pereira, C. G. (2013). *Explorando a Organização e Tratamento de Dados em turmas dos 2.º e 6.º anos do Ensino Básico*. [Relatório de Estágio, Instituto de Educação da Universidade do Minho]. Repositóri UM. <https://hdl.handle.net/1822/28995>
- Pewkam, W., & Chamrat, S. (2022). Pre-Service Teacher Training Program of STEM-based Activities in Computing Science to Develop Computational Thinking. *Informatics in Education*, 21(2), 311–329. <https://doi.org/10.15388/infedu.2022.09>

- Pinto, R., Martins, J., & Martins, F. (2022). Projeto Hypatiamat, artefactos digitais para ensinar e aprender matemática. In F. Martins, R. Pinto, & C. Costa (Eds.), *Artefactos digitais, Aprendizagens e Conhecimentos didático* (pp. 10–30). Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Educação de Coimbra.
- Rodriguez, C., Zem- Lopes, A., Marques, L., & Isotani, S. (2015). Pensamento Computacional: transformando ideias em jogos digitais usando o Scratch. *Anais do Workshop de Informática na Escola*, 21(1), 62-71. doi: <https://doi.org/10.5753/cbie.wie.2015.62>
- Romero-Tena, R., Martínez-Pérez, S., & Martínez-Navarro, S. (2023). Experiencias tecnológicas de estudiantes en el Pácticum II de Educación Infantil. *Revista Practicum*, 8(1), 53–68. <https://doi.org/10.24310/RevPracticumrep.v8i1.16809>
- Santana, S., & Oliveira, W. (2019). Desenvolvendo o Pensamento Computacional no Ensino Fundamental com o uso do Scratch. *Anais do Workshop de Informática na Escola*, 25(1), 158-167. doi: <https://doi.org/10.5753/cbie.wie.2019.158>
- Schlögl, L. E., et. al. (2017). Ensino do Pensamento Computacional na Educação Básica. *Revista de Sistemas e Computação*, 7(2), 304-322.
- Silva, M. (2021). A orquestração instrumental na elaboração de uma tarefa matemática: conhecimento e práticas profissionais do professor [Tese de Doutorado, Universidade de Lisboa]. Universidade de Lisboa.
- Steen, L. (2001). *Mathematics and democracy: The case for quantitative literacy*. Princeton, NJ: National Council of Teachers of Mathematics (NCTM).
- Verdasca, A., Neves, A., Fonseca, H., Fateixa, J., & Magro-C, T. (2020). Melhorar aprendizagens em matemática pelo uso intencional de recursos digitais: o Hypatiamat como intervenção preventiva na CIM do Ave. Coleção Estudos PNPSE. PNPSE-DGE: Ministério da Educação. <http://hdl.handle.net/10174/28899>
- Voon, X. P., Wong, S. L., Wong, L. H., Khambari, M. N. M., & Syed-Abdullah, S. I. S. (2022). Developing computational thinking competencies through constructivist argumentation learning: A problem-solving perspective. *International Journal of Information and Education Technology*, 12(6), 529-539. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2022.12.6.1650>
- Vygotsky, L. S. (1980). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge MA: Harvard University Press.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33- 35. <http://dx.doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- World Economic Forum. (2016). *The 10 skills you need to thrive in the Fourth Industrial Revolution*. Davos: World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-10-skills-you-need-to-thrive-in-the-fourth-industrial-revolution/>

**PENSAMENTO COMPUTACIONAL E PRÁTICAS DE ENSINO EXPLORATÓRIO: UMA
EXPERIÊNCIA DIDÁTICA NO 1.º ANO DO 1.º CICLO DO ENSINO BÁSICO**

COMPUTATIONAL THINKING AND EXPLORATORY TEACHING PRACTICES: A DIDACTIC
EXPERIENCE IN THE 1ST YEAR OF PRIMARY SCHOOL

PENSAMIENTO COMPUTACIONAL Y PRÁCTICAS DE ENSEÑANZA EXPLORATORIA: UNA
EXPERIENCIA DIDÁCTICA EN 1.º DE EDUCACIÓN PRIMARIA

**Laura Francisco¹, Rita Menaia¹, Sara Quadrada¹, Rita Neves Rodrigues^{1, 2, 3}, Yelitza Freitas¹,
Cecília Costa^{2, 3} & Fernando Martins^{1, 4, 5, 6}**

¹Instituto Politécnico de Coimbra, Escola Superior de Educação de Coimbra, Portugal

²Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), Portugal

³Centro de Investigação em Didática e Tecnologia na Formação de Formadores (CIDTFF), Universidade de Aveiro, Portugal

⁴inED - Centro de Investigação e Inovação em Educação, Instituto Politécnico de Coimbra, Portugal

⁵Instituto de Telecomunicações, Delegação da Covilhã, Portugal

⁶SPRINT – Centro de Investigação & Inovação em Desporto, Atividade Física e Saúde, Portugal
ritanevesrodrigues@hotmail.com

RESUMO | O pensamento computacional é uma capacidade fundamental que contribui para o indivíduo participar ativamente na sociedade atual. Tendo a escola a função de preparar os alunos para a vida em sociedade é necessário desenvolvê-la na escolaridade obrigatória. A presente prática educativa aborda o desenvolvimento do pensamento computacional, através de práticas de ensino exploratório, numa turma de 1.º ano do 1.º Ciclo do Ensino Básico, organizada em seis grupos de trabalho, seguindo-se as quatro fases: introdução da tarefa, realização, discussão e sistematização das aprendizagens matemáticas. O principal objetivo da prática educativa foi desenvolver o pensamento computacional, através da implementação de práticas de ensino exploratório, tendo por base uma tarefa envolvendo o conceito de pictogramas do tema Dados e Probabilidades. Com a realização desta prática educativa observaram-se evidências do desenvolvimento das dimensões abstração, decomposição, algoritmia, depuração e reconhecimento de padrões.

PALAVRAS-CHAVE: Pensamento Computacional, Práticas de Ensino Exploratório, Pictogramas, Dados e Probabilidades.

ABSTRACT | Computational thinking is a fundamental skill that enables individuals to participate actively in today's society. Since the school has the task of preparing students for life in society, it is necessary to develop it in compulsory education. This educational practice addresses the development of computational thinking through exploratory teaching practices in a 1st year primary school class, organized into six working groups, following the four phases: introduction of the task, implementation, discussion and systematization of mathematical learning. The main aim of the educational practice was to develop computational thinking through the implementation of exploratory teaching practices based on a task involving the concept of pictograms from the theme Data and Probabilities. This educational practice showed evidence of the development of the dimensions of abstraction, decomposition, algorithm, debugging and pattern recognition.

KEYWORDS: Computational Thinking, Exploratory Teaching Practices, Pictograms, Data and Probabilities.

RESUMEN | El pensamiento computacional es una habilidad fundamental que ayuda a las personas a participar activamente en la sociedad actual. Como la escuela tiene la función de preparar a los alumnos para la vida en sociedad, es necesario desarrollarla en la educación obligatoria. Esta práctica educativa aborda el desarrollo del pensamiento computacional, a través de prácticas didácticas exploratorias, en una clase de en 1.º de educación primaria, organizada en seis grupos de trabajo, seguida de cuatro fases: introducción de tareas, implementación, discusión y sistematización del aprendizaje matemático. El objetivo principal de la práctica educativa fue desarrollar el pensamiento computacional, mediante la implementación de prácticas docentes exploratorias, a partir de una tarea con el concepto de pictogramas de la temática Datos y Probabilidades. Al realizar esta práctica educativa se observó evidencia del desarrollo de las dimensiones de abstracción, descomposición, algoritmo, depuración y reconocimiento de patrones.

PALABRAS CLAVE: Pensamiento Computacional, Prácticas de Enseñanza Exploratoria, Pictogramas, Datos y Probabilidades.

1. INTRODUÇÃO

A capacidade pensamento computacional (PC) é cada vez mais importante para o desenvolvimento das crianças do 1.º Ciclo do Ensino Básico (CEB), uma vez que permite o desenvolvimento do raciocínio lógico e da comunicação matemática, utilizando diversas ferramentas, inclusive, a tecnologia. Esta capacidade também permite que os alunos consigam selecionar e interpretar uma grande quantidade de dados (European Commission, 2016) e encontrar diversas soluções criativas e inovadoras para resolver problemas (Shute et al., 2017). Conforme Chen et al. (2023), os estudos relacionados com o PC têm como principal objetivo avaliar a eficácia de ferramentas educativas no desenvolvimento desta capacidade. As práticas de ensino exploratório (PEE) têm diversos benefícios na aprendizagem dos alunos, permitindo que estes construam o seu conhecimento de forma ativa (Ponte, 2005). Vários estudos têm demonstrado o seu benefício na aprendizagem da Matemática (Carvalho et al., 2024; Freitas et al., 2023; Silva et al., 2024). Segundo Canavaro (2011), o ensino exploratório da Matemática permite aos alunos aprender conteúdos através da discussão coletiva de ideias o que propicia o desenvolvimento de capacidades matemáticas como a resolução de problemas, o raciocínio matemático e a comunicação matemática. Ponte (2012) acrescenta que as PEE na Matemática promovem a participação dos alunos no desenvolvimento das aulas, participando ativamente na construção do seu próprio conhecimento matemático. O estudo realizado por Carvalho et al. (2024) mostra a eficácia das PEE no desenvolvimento do PC das crianças, na aprendizagem de conceitos matemáticos e no desenvolvimento de competências essenciais.

Partindo destas considerações, surgiu a seguinte questão de investigação: De que forma as práticas de ensino exploratório contribuem para o desenvolvimento das dimensões do pensamento computacional?

A prática educativa foi implementada em contexto de estágio numa turma de 20 alunos, tendo por base as quatro fases de uma PEE: introdução da tarefa, realização da tarefa, discussão da tarefa e sistematização das aprendizagens. A sessão foi planificada e implementada por três professoras estagiárias (PE), partindo de uma tarefa com o objetivo de aprendizagem do tema matemático Dados e Probabilidades “Representar conjuntos de dados através de pictogramas (correspondência um para um), incluindo fonte, título e legenda.” (Ministério da Educação (ME), 2021).

Deste modo, a prática teve como objetivo o desenvolvimento das cinco dimensões do PC dos alunos, através da implementação de uma PEE e tendo por base uma tarefa que explora a noção de pictograma do tema Dados e Probabilidades.

2. FUNDAMENTAÇÃO E CONTEXTO

Conforme referido por Carvalho et al. (2024), os ambientes de aprendizagem centrados na aprendizagem ativa dos alunos têm sido utilizados quer para desenvolver o PC dos alunos, como para aprender novos conceitos. Por exemplo, o estudo realizado por Shin et al. (2021) mostra que a aprendizagem baseada em projetos permite que os alunos aprendam ativamente através da descoberta e da resolução de problemas desafiadores, participando em práticas semelhantes às relacionadas com o PC. Desta forma, ao integrar o PC no processo educativo, são desenvolvidas competências essenciais, como a resolução de problemas, a cooperação e a

comunicação (Korkmaz et al., 2017). Estas competências alinham-se com os objetivos do currículo atual que refere que a matemática deve ser desenvolvida através de tarefas “poderosas e desafiantes” (ME, 2021, p. 6) para que os alunos possam desenvolver o seu raciocínio matemático, pensar sobre os conteúdos matemáticos e dar sentido ao conhecimento adquirido. Assim, as PEE parecem ser adequadas para o desenvolvimento do PC uma vez que, neste tipo de ensino, a aprendizagem resulta da exploração das tarefas matemáticas e da interação dos alunos com os seus colegas e com os seus professores, levando-os a comunicar, a questionar e a refletir (Oliveira et al., 2013).

2.1 Pensamento Computacional

Papert (1980) verificou a importância de desenvolver, na educação, a tecnologia e as ideias computacionais, uma vez que menciona que estas conseguem “prover as crianças de novas possibilidades para aprender, pensar e crescer emocionalmente, bem como, cognitivamente” (Papert, 1980, p. 17-18), lançando pela primeira vez a expressão pensamento computacional (PC).

Mais tarde, Wing (2006) tenta evidenciar que o PC é importante para todos e não apenas para os cientistas em computação. Esta autora defende que o PC envolve “a resolução de problemas, a projeção de sistemas e a compreensão de comportamentos, recorrendo a conceitos fundamentais da computação” (p.33). Em 2008, Wing defende que o PC deve ser integrado na infância, uma vez que será utilizado constantemente em todo o lado, tanto direta como indiretamente.

Atualmente, ainda não existe uma definição unânime do que é o PC, já que vários autores demonstram diferentes perspetivas. Oliveira (2019), menciona que o PC é uma atividade de conceção, reflexão, abstração e expressão. Para além disto, esta autora também evidencia quatro elementos que são fundamentais para o PC: decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e algoritmia.

Para Loureiro et al. (2020), o PC tem várias definições, contudo, esta capacidade está bastante associada a “resolver um puzzle” (p. 1), uma vez que envolve práticas de reconhecimento de padrões e resolução de problemas. Assim, para estes autores os princípios do PC são: abstração, decomposição, sequenciação, automação, depuração e generalização.

Piedade et al. (2020) evidenciam diversas competências que estão interligadas com o PC, entre as quais: abstração, decomposição, generalização, reconhecimento de padrões, algoritmo, controlo de fluxos e representação de dados.

Em Portugal, o PC surgiu nas Aprendizagens Essenciais de Matemática do 1.º ano do 1.º CEB (ME, 2021) no ano letivo 2022/23, onde é considerado uma capacidade constituída por cinco dimensões: a abstração, a decomposição, o reconhecimento de padrões, a algoritmia e a depuração.

A abstração é a capacidade de definir padrões, generalizar e definir parâmetros (Wing, 2011). A abstração é necessária para selecionar e identificar quais são as informações que devem ser mantidas ou reduzidas, selecionando o que é essencial e reduzindo, conseqüentemente, a complexidade da tarefa; permite ainda identificar os princípios gerais que podem ser utilizados em diversos problemas idênticos (Carvalho et al., 2023; Wing, 2011). Para se desenvolver a abstração podem-se colocar questões orientadoras, como por exemplo: De que forma podemos

tornar esta tarefa mais simples?; Que informações são essenciais para que seja possível resolver a tarefa? (Carvalho et al., 2023).

A decomposição está relacionada com a capacidade de decompor problemas quando estes são muito grandes. De acordo com Rich et al. (2019), a decomposição pode ser vista como um processo onde se organizam diversos elementos e onde se executam diversas estratégias com o objetivo de realizar uma tarefa. Carvalho et al. (2023) caracterizam a decomposição como: “gestão de tarefas ou situações complexas dividindo-as em partes menores e mais fáceis de gerir” (p. 5). De forma a promover esta dimensão, também se podem realizar diversas questões orientadoras, entre as quais: Quais são os aspetos fundamentais da tarefa?; Como a podemos dividir em partes menos complexas? (Carvalho et al., 2023).

De acordo com Selby (2014), o reconhecimento de padrões pode ser caracterizado como um tipo de generalização. Esta generalização é uma componente bastante importante, uma vez que pode ajudar a definir o PC. De acordo com Carvalho et al. (2023), o reconhecimento de padrões está relacionado com a capacidade de reconhecer regularidades e relações. De forma a promover esta prática, podem-se realizar diversas questões orientadoras, entre as quais: O que há em comum entre as tarefas? (Carvalho et al., 2023).

Voon et al. (2022) mencionam que o pensamento algorítmico se relaciona com a elaboração de uma sequência de etapas com o objetivo de realizar uma tarefa. Segundo Selby (2014) o pensamento algorítmico é interpretado como um “procedimento passo a passo para se conseguir realizar tarefas, não apenas na ciência da computação, mas em outras disciplinas” (p. 31).

De acordo com Shute et al. (2017), a depuração é necessária para se conseguir perceber a validade de um determinado programa. Selby (2014), por sua vez, menciona que a depuração é a capacidade de identificar, remover e corrigir erros. Para além disso, também menciona que a depuração é uma estratégia para resolver problemas que funciona de trás para a frente.

O PC é uma capacidade necessária para a sociedade do século XXI prevista nos documentos curriculares oficiais (ME, 2021). As competências ligadas ao espírito crítico, inovação e criatividade, desenvolvidas pelo PC, revelam-se essenciais, bem como, a capacidade de comunicação (Korkmaz, 2017). Estas competências, aliadas à capacidade de formulação e resolução de problemas, revelam-se importantes na medida em que, permitem resolver problemas complexos do quotidiano utilizando soluções inovadoras, devido à utilização dos princípios do PC. Ou seja, não se pretende que os alunos pensem como os computadores, no entanto, devem utilizar mecanismos cognitivos idênticos aos procedimentos computacionais para resolver problemas (Davide, 2021). O PC é também uma forma de proporcionar a autonomia dos alunos, uma vez que faz com que estes sejam mais ativos no seu processo de aprendizagem (Davide, 2021).

2.2 Práticas de Ensino Exploratório

As PEE promovem uma abordagem exploratória em sala de aula, envolvendo os alunos em tarefas matemáticas ricas e desafiadoras que incentivam o raciocínio matemático, a comunicação matemática e a resolução de problemas (Canavarro et al., 2012). Deste modo, as PEE privilegiam a promoção das aprendizagens através das interações ocorridas entre todos os intervenientes, o professor e os alunos, nas várias fases da aula (Oliveira et al., 2013). Silva et al.

(2024) verificaram que, com a implementação de PEE numa turma do 2.º ano do 1.ºCEB, houve uma evolução significativa nas capacidades de cooperação e colaboração entre os alunos na resolução das tarefas propostas.

O modelo de ensino exploratório é composto por quatro fases que compõem uma aula, introdução da tarefa, desenvolvimento, discussão e sistematização das aprendizagens matemáticas (Canavarro et al., 2012). Numa aula de ensino exploratório os alunos trabalham em grupo de forma ativa e autónoma em tarefas desafiadoras enquanto o professor monitoriza o trabalho dos alunos (Jesus et al., 2020). Na primeira fase são propostas as tarefas aos alunos, sendo importante que estes compreendam o que lhes é proposto para que possam ser autónomos durante a fase de realização da tarefa. Segundo Canavarro et al. (2012), é através da discussão que se originam novas aprendizagens. Assim, é essencial que todos os alunos participem ativamente na fase de discussão, uma vez que o objetivo é confrontar e comparar as resoluções. Em Oliveira et al. (2013) a professora incentivou os alunos a verificarem as suas resoluções e a corrigir possíveis erros através do confronto de resoluções gerado durante a discussão. No estudo de Jesus et al. (2020) a fase de discussão serviu não só para comparar as diferentes soluções dos alunos, como para ajudar os que tinham mais dificuldades na compreensão das tarefas. Neste contexto, o papel do professor será moderar a discussão através da orientação das intervenções dos alunos. Na fase de sistematização das aprendizagens é feita uma sistematização dos conteúdos trabalhados na aula.

3. DESCRIÇÃO DA PRÁTICA EDUCATIVA E SUA IMPLEMENTAÇÃO

Esta prática educativa foi constituída por uma sessão, onde se pretendia desenvolver as dimensões de PC de alunos do 1.º ano do 1.º CEB através da implementação de uma PEE, tendo por base a exploração de uma tarefa onde se introduzia a noção de pictograma e dos seus elementos fundamentais (Canavarro et al., 2012). Dada a faixa etária dos alunos e as suas capacidades de leitura e escrita pouco desenvolvidas, as PE foram realizando diversas questões orientadoras (idênticas às referidas atrás) para que os alunos, através de respostas dadas oralmente, desenvolvessem as diversas dimensões do PC.

A recolha da informação relativa à implementação teve por base registos de áudio, fotográficos, as resoluções realizadas pelos alunos e a planificação da prática educativa. Os dados recolhidos foram utilizados apenas para o relato desta prática educativa, havendo o consentimento autorizado dos Encarregados de Educação e do Agrupamento de Escolas, mantendo-se o anonimato dos envolvidos. Esta prática enquadra-se no âmbito do projeto aprovado pelo Comité de Ética do Instituto Politécnico de Coimbra (101_CEIPC/2022, aprovado a 24 junho 2022).

A proposta foi implementada na sala de aula da turma do 1.º ano com 16 alunos, designados neste artigo por letras do alfabeto (Aluno A, Aluno T, etc). As PE organizaram a turma em dois grupos de três elementos, um de quatro elementos e três de dois elementos. Assim, constituíram grupos heterogéneos, uma vez que esta formação dos grupos traz diversos benefícios para o desenvolvimento e aprendizagem das crianças ao facilitarem interações sociais, que são baseadas na cooperação, cuidado, inclusão e partilha (Baeta, 2021). A organização da sala consta na Figura 1.



Figura 1. Esquema da organização da sala de aula.

Quando os alunos entraram na sala de aula, as PE organizaram os alunos e solicitaram que se sentassem por grupo. A fase de introdução da tarefa, iniciou-se com um diálogo com os alunos acerca das estações do ano e um questionamento sobre a estação do ano favorita deles, pedindo a cada um que colasse no quadro a imagem correspondente. De seguida, as PE introduziram a situação problemática que deveria ser resolvida pelos alunos durante a fase de realização da tarefa e distribuíram os materiais necessários (vinte emojis por grupo, imagens das estações do ano, cola e folhas brancas). Na fase de realização da tarefa, os alunos trabalharam em grupo (Figuras 2 e 3) para construir uma representação gráfica que desse resposta à situação problemática proposta. Os alunos construíram diferentes representações gráficas como resposta à mesma tarefa.



Figura 2. Resolução do Grupo 1

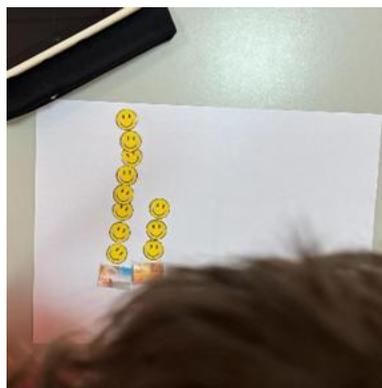


Figura 3. Resolução do Grupo 2

Nesta fase, as PE circularam pela sala de aula colocando questões orientadoras para verificar e orientar o raciocínio dos alunos, contudo sem lhes dar a resposta. As PE tiraram fotografias a todas as resoluções e, com base no que observaram, definiram a ordem dos grupos para a fase da discussão, iniciando pelas resoluções mais incompletas e com mais elementos a serem discutidos.

Concluída a tarefa, passou-se à discussão das resoluções. Foram projetadas as resoluções ao mesmo tempo que os grupos foram chamados na ordem previamente definida para explicar como pensaram e responder a várias questões (Figura 4).



Figura 4. Apresentação do Grupo 3

Após a partilha das resoluções, as PE construíram no quadro uma representação gráfica idêntica à construída pelo grupo 1, a mais aproximada de um pictograma. Em seguida, apresentaram diversas questões orientadoras para guiar os alunos na identificação dos elementos essenciais de um pictograma (Figura 5).



Figura 5. Pictograma construído em turma.

À medida que os alunos respondiam, as PE iam acrescentando os diversos elementos em falta na representação gráfica, até construir, de facto, um pictograma. Ao mesmo tempo, os alunos iam completando as suas resoluções nas folhas brancas.

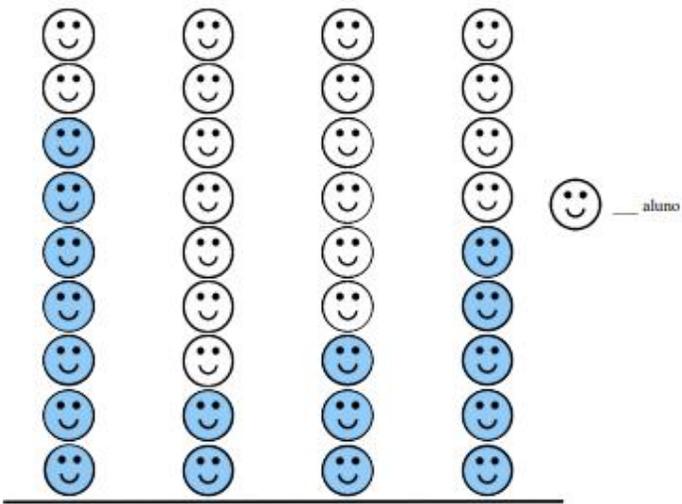
Seguiu-se a fase de sistematização das aprendizagens matemáticas, onde as PE explicaram aos alunos que a folha de sistematização (Figura 6) deveria ser realizada em grande grupo.

Folha de Sistematização

Nome: _____

Data: ____/____/____

Na turma do Pedro fez-se um questionário para descobrir quais são os desportos favoritos dos alunos da turma. Depois de fazer o questionário ficou-se a saber que na turma há 7 alunos que gostam de futebol, 2 que gostam de badminton, 3 que gostam de natação e 5 que gostam de andebol.



1. Cola os elementos em falta no gráfico.
2. Cria um título para o teu pictograma e escreve-o na linha acima do gráfico.
3. Completa a legenda.

4. Observa o pictograma e responde às seguintes questões:

- a) Quantos alunos preferem futebol? _____
- b) Quantos alunos preferem andebol? _____
- c) Quantos alunos preferem natação? _____
- d) Assinala com um X a verde o desporto favorito da maioria dos alunos e com um X a vermelho o menos preferido.

Figura 6. Folha de sistematização

A PE leu a tarefa, a turma respondeu e, de seguida, os alunos registaram as respostas (Figura 7).

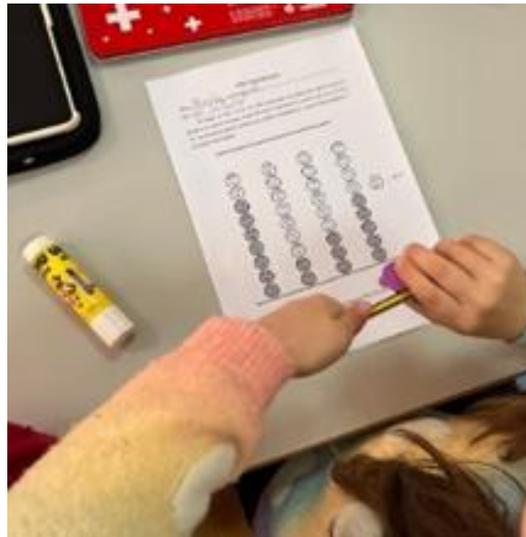


Figura 7. Realização da folha de sistematização

A finalizar, as PE distribuíram as Tarefas de Avaliação Formativa (TAF) (Figura 8) com o intuito do aluno refletir sobre as suas aprendizagens, permitindo-lhe regulá-las. A realização da TAF permite também às PE preparar práticas futuras mais adequadas a cada aluno (Fernandes, 1994; Lopes & Silva, 2020).

Nome: _____ Data: ___/___/___

			
Entendi o que é um pictograma.			
Entendi como construir um pictograma.			
Entendi os elementos que um pictograma precisa de ter.			
Entendi as funções de todos os elementos do pictograma.			

Figura 8. Tarefa de Avaliação Formativa

As PE leram as alíneas da TAF e os alunos foram colocando a cruz na quadrícula que se adequava à sua situação (Figura 9).



Figura 9. Realização da TAF

4. AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DA PRÁTICA E PRINCIPAIS RESULTADOS

Nesta secção são analisados os resultados obtidos no decorrer da implementação da prática, no que diz respeito ao desenvolvimento do PC em alunos de uma turma de 1.º ano do 1.º CEB e à mediação das PE (aqui designadas por PE A, PE B e PE C), em cada fase da PEE.

Durante a fase da realização da tarefa, a PE A dirigiu-se ao grupo 3 e questionou os alunos relativamente às etapas de resolução da tarefa que eles efetuaram (Figura 10).



Figura 10. Resolução do Grupo 3

O diálogo abaixo mostra o desenvolvimento da dimensão “algoritmia” do PC, visto que o aluno A demonstra ser capaz de referir a sequência de passos que efetuou para resolver a situação problemática (Selby, 2014).

Aluno A: Posso explicar?

PE A: Podes.

Aluno A: Eu colei os emojis e ele (aponta para o aluno T) pôs a cola. E o Aluno C foi contar e foi-nos dizendo e eu pus um para cada canto. (O aluno A refere-se às imagens da estação do ano que colou em cada canto da folha para fazer a sua representação).

Na mesma fase, a PE C dirigiu-se ao grupo 2 e procedeu de modo análogo ao que fez com o grupo 3 (Figura 11).



Figura 11. Resolução do Grupo 2

No diálogo abaixo é possível verificar o desenvolvimento da dimensão “algoritmia” do PC, uma vez que os alunos S e J foram capazes de explicar à PE C a sequência de etapas até chegar à resolução, bem como explicar o seu raciocínio passo a passo.

PE C: Então vá, expliquem-me lá o que é que fizeram.

...

Aluno S: Fizemos por ordem...fizemos por ordem as estações.

PE C: Sim!... E depois?

Aluno S: Lembro-me que pusemos assim.

PE C: Assim como?

Aluno S: Um por cima, outro por cima.

...

PE C: Sim, mas para resolver o que é que fizeram? Meteram as estações por ordem... depois? O que é que fizeram com os emojis?

...

Aluna J: Contámos e colámos o...o...o... número das estações.

Aluno S: E isto são meninos (aponta para os emojis).

PE C: Colaram o número das estações que quê?

Aluna S: Que são meninos que gostam.

Ainda nesta fase da aula, também o aluno I, pertencente ao grupo 1 (Figura 12), evidenciou o desenvolvimento da dimensão “algoritmia” do PC.

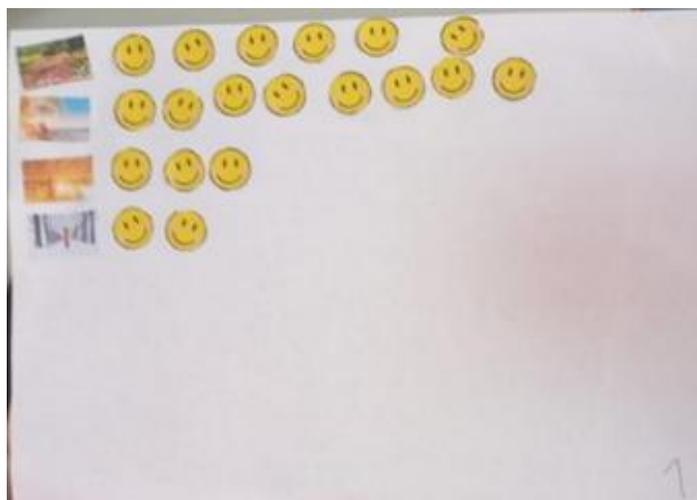


Figura 12. Resolução do Grupo 1

O aluno I explicou à PE a sequência de passos até chegar à resolução, como se verifica no diálogo seguinte.

Aluno I: *Então, primeiro pusemos as estações do ano, depois contámos os emojis que pusemos e ficou assim o nosso retrato.*

Durante a fase de discussão da tarefa, o mesmo aluno afirma:

Aluno I: *Primeiro começámos pela estação do ano, aqui! (aponta para a fila da estação do ano)*

...

Aluno I: *Depois pusemos os emojis.*

PE C: *Sim.*

Aluno I: *À medida que fomos colando fomos contando.*

As figuras 13 e 14, permitem comparar a resolução do Grupo 4 antes e depois da fase de discussão da tarefa constatando-se o desenvolvimento da dimensão “depuração”, visto que o grupo foi capaz de identificar, remover e corrigir erros (Selby, 2014). Inicialmente, o grupo tinha contabilizado duas respostas para a opção “primavera” (Figura 13), no decorrer da discussão apercebeu-se que a recolha de dados estava incorreta. Identificado o erro e, à medida que os restantes grupos foram apresentando as suas representações gráficas, corrigiram a sua representação (Figura 14). A partilha e discussão das resoluções, característica das PEE (Canavarro et al., 2012), contribuíram para o desenvolvimento da dimensão “depuração”, tal como se verifica em (Oliveira et al., 2013), onde os alunos também corrigiram os erros durante a discussão das resoluções.



Figura 13. Resolução do Grupo 4



Figura 14. Resolução corrigida do Grupo 4

Na fase da discussão as PE apoiaram os alunos com dificuldades na leitura e escrita procurando que, mesmo nos alunos com mais dificuldades, eram desenvolvidas as dimensões do PC. Os resultados desta intervenção estão alinhados com o estudo de Jesus et al. (2020), que afirma que, em PEE, o professor atua como moderador na fase de discussão, promovendo não só a comparação entre as resoluções, mas também auxilia os alunos com mais dificuldades. Observou-se que esta orientação é crucial para que todos os alunos compreendam as tarefas e consigam realizá-las, reforçando a importância do papel do professor enquanto moderador e orientador das intervenções dos alunos para que ocorra o desenvolvimento de aprendizagens.

Durante a fase de discussão, as PE A e C questionaram os grupos com o objetivo de desenvolver a dimensão da “abstração”. No diálogo abaixo, os alunos J, T e O responderam evidenciando dominar a capacidade pretendida, uma vez que selecionaram e identificaram quais foram as informações que deveriam ser mantidas ou reduzidas, selecionando unicamente o que era essencial e reduzindo, conseqüentemente, a complexidade (Wing, 2011). Esta fase permitiu que os alunos explicassem os seus procedimentos, tal como se verifica no estudo realizado em Carvalho et al. (2024). No diálogo, verifica-se que a mediação das PE foi essencial, uma vez que as questões colocadas orientaram os alunos para a explicação dos procedimentos. A importância da mediação do professor também é destacada em Canavarro et al. (2012).

PE A: *O que é que vocês consideraram importante? O que é que tiveram em atenção quando estavam a fazer o...a vossa resolução? O que é que acham que foi essencial?*

PE C: *Diz lá, Aluno T. Aluno T?*

Aluno T: *Ahm Contar.*

PE C: *Tinham de contar o quê?*

...

Aluno T: *Quantos alunos da turma preferem.*

PE C: *Preferem o quê?*

Aluno T: *As... as estação.*

...

Aluna J: *Qual é que é...qual...qual é que era a estação que gostavam mais.*

PE C: *Que é a estação...pre...?*

Aluna J: *Preferida.*

PE C: *Preferida. E mais? O que é que vocês tinham que usar para resolver a...tarefa? Diz, aluna O.*

Aluna O: Os emojis.

...

Aluna O: E as estações.

Durante a fase discussão da tarefa, a PE colocou questões orientadoras como abaixo se ilustra, que segundo Carvalho et al. (2023), são as indicadas para desenvolver a dimensão “abstração”, do PC.

PE A: O que é que vocês consideraram importante? O que é que tiveram em atenção quando estavam a fazer o...a vossa resolução? O que é que acham que foi essencial?

Quando a PE direcionou ao aluno S, do grupo 2, uma questão orientadora com o objetivo de promover o desenvolvimento da dimensão de "decomposição" do PC, o aluno evidenciou dificuldades em mencionar as etapas realizadas na resolução da tarefa, como é possível observar no diálogo abaixo.

PE C: Imaginem que vocês querem explicar ali ao grupo 1, o que é que vocês fizeram como se eles não soubessem nada, nada, nada, o que é que vocês diriam? Como é que vocês explicavam, passinho por passinho, o que é que fizeram?

Aluno S: Fazíamos e mostrávamos.

A PE, ao deparar-se com a resposta do aluno S, colocou nova questão orientadora para o incitar a explicar o seu raciocínio passo a passo. Ao observar as dificuldades do aluno S, a aluna J (também do Grupo 2) completou a sua explicação, tornando-se evidente o desenvolvimento da capacidade de colaboração entre os alunos, resultante da implementação da PEE, tal como verificado no estudo de Silva et al. (2024).

PE C: Mas se tivessem de explicar por palavras? (Pausa de 6 segundos) Então, qual foi logo a primeira, primeira coisa que fizeram?

...

Aluno S: Pôr ali as coisas.

PE C: Pôr ali as coisas... Depois das coisas lá estarem o que é que fizeram pôr... a primeira coisa, logo?

Aluno S: Fazermos no papel.

PE C: Ok! E o que é que fizeram no papel?

PE A: Qual foi a primeira coisa que vocês fizeram, mal pegaram no papel?

Aluno S: co...co...colámos coisas no papel.

PE A: Colaram!

PE C: Colar as coisas no papel, que coisas?

Aluno S: As estações e os smiles.

Aluna J: Não! E a seguir fomos contar.

PE C: Colaram e depois foram contar.

Aluna J: Contámos as coisas e a seguir... a seguir vimos qual é que era o que tinha mais...

PE C: Viram o que tinham mais como?

Aluna J: Qual é que era os... as estações que eles mais gostavam.

Tal como observámos no diálogo acima, apesar das dificuldades iniciais, os alunos S e J foram capazes de desenvolver a decomposição, já que conseguiram gerir as tarefas de forma a dividi-las em partes mais pequenas e menos complexas (Rich et al., 2019).

No diálogo abaixo, que decorreu durante a fase de discussão, a PE questionou o grupo 3 com o objetivo de desenvolver a dimensão do “reconhecimento de padrões”. O aluno C demonstrou dominar esta dimensão do PC, visto ter reconhecido regularidades que eram comuns a todos os grupos (Selby, 2014).

PE C: *Então, grupo 3, de todas as soluções que vimos aqui... que todos os grupos fizeram, o que é que todas tinham em comum? O que é que todas tinham de igual?*

Aluno C: *Emojis. Não, folhas! Uma folha.*

PE C: *Pois, as folhas têm de ser e mais?*

Aluno C: *Emojis.*

PE C: *Hum hum...*

Aluno C: *E os símbolos.*

PE C: *Os símbolos de quê?*

Aluno C: *Do... das estações do ano.*

A PEE permitiu o que os alunos fossem autónomos e ativos, tal como se verifica também em Canavarro et al. (2012). Por outro lado, a mediação orientada para o desenvolvimento do PC dos alunos revelou-se importante na medida em que orientou os alunos para a resolução dos problemas propostos, concordando desta forma com Davide (2021).

5. CONCLUSÃO E IMPLICAÇÕES

A implementação da prática de ensino exploratório (PEE) descrita neste trabalho contribuiu para o desenvolvimento das dimensões do pensamento computacional (PC) nos alunos do 1.º ano do 1.º Ciclo do Ensino Básico. A mediação efetuada pelas professoras estagiárias (PE), tendo em conta os objetivos específicos das fases das PEE, nomeadamente as questões orientadoras pensadas para cada fase, mostraram-se essenciais não só no desenvolvimento das dimensões do PC, mas também na promoção da autonomia, do raciocínio e da interação colaborativa entre os alunos.

Durante a fase de realização da tarefa, os alunos foram incentivados a explorar e encontrar estratégias próprias para a resolução das mesmas. As várias questões orientadoras, previamente pensadas, e colocadas pelas PE levaram os alunos a decompor a tarefa em partes mais pequenas e a descrever passo a passo as etapas que realizaram, desenvolvendo, respetivamente, as dimensões de decomposição e de algoritmia do PC. Na fase de discussão da tarefa, os alunos evidenciaram o desenvolvimento destas dimensões, tendo sido capazes de partilhar com os colegas as pequenas etapas, passo a passo, que tinham efetuado. Na sequência das resoluções descritas pelos alunos, as PE incentivaram-nos a refletir acerca das informações que tinham sido essenciais para resolver a tarefa, promovendo o desenvolvimento da dimensão abstração do PC. Ainda nesta fase e com a moderação das PE, os alunos discutiram e compararam as diferentes resoluções elaboradas. Este momento de discussão e comparação das resoluções permitiu que os alunos identificassem semelhanças e diferenças nas resoluções apresentadas, promovendo-se, deste modo, o desenvolvimento da dimensão reconhecimento de padrões. Ao

ser efetuado este reconhecimento dos aspetos diferentes de resolução para resolução, os alunos foram capazes de identificar e corrigir erros nas suas resoluções, desenvolvendo a dimensão de depuração do PC.

Considera-se que as características da PEE aqui descritas permitem que esta possa ser facilmente adaptada a diferentes contextos. Sugere-se que, em futuros estudos, seja investigado o desenvolvimento das dimensões do PC através das PEE, tendo por base tarefas sobre outros temas matemáticos e em outros anos de escolaridade. Deste modo seria possível identificar se existiriam alterações no desenvolvimento das dimensões do PC dependendo do contexto onde a prática é desenvolvida.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é financiado por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto UIDB/50008/2023 (Instituto de Telecomunicações (IT)), UIDB/05198/2023 (Centro de Investigação e Inovação em Educação, inED), UIDB/00194/2023 (CIDTFF), UID/06185/2023 (SPRINT – Centro de Investigação & Inovação em Desporto, Atividade Física e Saúde) e no âmbito da bolsa de doutoramento 2022.09720.BD.

REFERÊNCIAS

- Baeta, P. A. O. (2021). *Os contributos dos grupos heterogéneos para a aprendizagem e desenvolvimento em educação de infância*. [Dissertação de mestrado não publicada, Instituto Politécnico de Lisboa- Escola Superior de Educação, Lisboa]. Repositório Científico. <http://hdl.handle.net/10400.21/14534>
- Canavarro, A. P. (2011). Ensino exploratório da Matemática: Práticas e desafios. *Educação e Matemática*, 115, 11–17.
- Canavarro, A., Oliveira, H., & Menezes, L. (2012). Práticas de ensino exploratório da matemática: O caso de Célia. In L. Santos (Ed.), *Investigação em educação matemática 2012: Práticas de ensino da matemática* (pp. 255–266). SPIEM.
- Carvalho, J., Couceiro, T., Gomes, T., Neves Rodrigues, R. I., Sacramento, J., Pereira, R., Freitas, Y., Costa, C., & Martins, F. (2024). Desenvolver o Pensamento Computacional através do Ensino Exploratório numa Aula de Matemática do 4.º Ano de Escolaridade. *DEDiCA Revista De Educação E Humanidades (dreh)*, (22), 259–292. <https://doi.org/10.30827/dreh.22.2024.30107>
- Carvalho, R., Espadeiro, R., & Branco, N. (2023). *Contributos para o desenvolvimento do Pensamento Computacional em Matemática: Materiais de apoio para os professores do 1.º ciclo do ensino básico*. Associação de Professores de Matemática. ISBN 978-972-8768-77-5
- Chen, P., Yang, D., Metwally, A. H. S., Lavonen, J., & Wang, X. (2023). Fostering computational thinking through unplugged activities: A systematic literature review and meta-analysis. *International Journal of STEM Education*, 10(1), 47.
- Davide, H. (2021). *Pensamento Computacional dos Alunos no Final do 1º Ciclo do Ensino Básico*. [Dissertação de Mestrado, Universidade de Lisboa]. Repositório da Universidade de Lisboa. https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/52209/1/ulfpie056711_tm.pdf
- Fernandes, D. (1994). Avaliação formativa: algumas notas. In Ministério da Educação (Ed.), *Pensar avaliação, melhorar a aprendizagem* (pp. 4–9). Instituto de Inovação Educacional.
- Freitas, Y. A., Pinto, R., Rato, V., Gomes, A., & Martins, F. (2023). Sentido da multiplicação e a applet multiplicação da plataforma hypatiamat. *Revista APEDuC*, 4(1), 119-137.

- Jesus, C., Cyrino, M., & Oliveira, H. (2020). Mathematics teachers' learning on Exploratory Teaching: analysis of a Multimedia Case in a Community of Practice. *Acta Scientiae*, 22(1), 112–133. [Http://dx.doi.org/10.17648/acta.scientiae.5566](http://dx.doi.org/10.17648/acta.scientiae.5566)
- Korkmaz, Ö., Çakir, R., & Özden, M. (2017). A validity and reliability study of the computational thinking scales (CTS). *Computers in Human Behavior*, 72, 558–569. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.005>
- Lopes, J. P., & Silva, H. (2020). *50 Técnicas de avaliação Formativa (2.ª edição)*. PACTOR.
- Loureiro, M. J., Guerra, C., Cabrita, I., Moreira, F. T., Gonçalves, D., & Queiroz, J. (2020). *Teachers' training handbook - tangible programming and inclusion in educational context*. UA Editora. https://ria.ua.pt/bitstream/10773/27302/1/EN_Tanglin_TEACHERS%20TRAINING%20HANDBOOK_2020.pdf
- Ministério da Educação (2021). *Aprendizagens Essenciais de Matemática – 1.º ano*. Lisboa: ME. https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/1_ciclo/ae_mat_1.o_ano.pdf
- Oliveira, H., Menezes, L., & Canavarro, A. (2013). Conceptualizando o ensino exploratório da Matemática: Contributos da prática de uma professora do 3.º ciclo para a elaboração de um quadro de referência. *Quadrante*, 22(2), 1–25.
- Oliveira, M. G. (2019). Pensamento computacional, programação e robótica: desenvolvendo habilidades para resolver problemas. *Revista Veredas*, 1, 38–40.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. Basic Books.
- Piedade, J., Dorotea, N., Pedro, A. & Matos, J. F. (2020). On Teaching Programming Fundamentals and Computational Thinking with Educational Robotics: A Didactic Experience with Pre-Service Teachers. *Education sciences*, 10(9), 214. <https://doi.org/10.3390/educsci10090214>
- Ponte, J. P. (2005). Gestão curricular em Matemática. In GTI (Ed.), *O professor e o desenvolvimento curricular*, (pp.11–34. APM. <http://hdl.handle.net/10451/3008>
- Ponte, J. P. (2012). Estudiando el conocimiento y el desarrollo profesional del profesorado de matemáticas. In N. Planas (Ed.), *Teoría, crítica y práctica de la educación matemática* (pp. 83–98). Graó.
- Rich, P. J., Egan, G., & Ellsworth, J. (2019, July). A framework for decomposition in computational thinking. In *Proceedings of the 2019 ACM conference on innovation and technology in computer science education* (pp. 416–421). <https://doi.org/10.1145/3304221.3319793>
- Selby, C. C. (2014). *How can the teaching of programming be used to enhance computational thinking skills?* [Tese de doutoramento, University of Southampton]. <http://eprints.soton.ac.uk/id/eprint/366256>
- Shin, N., Bowers, J., Krajcik, J., & Damelin, D. (2021). Promoting computational thinking through project-based learning. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 3, 1–15.
- Shute, V. J., Sun, C. & Clarke, J. A. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, 22, 142–158. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003>
- Silva, C., Mendonça, C., Cadima, J., Rodrigues, R. N., Sacramento, J. M., Pires, E., Freitas, Y., Costa, C., & Martins, F. M. L. (2024). The exploration of the SuperDoc robot through an explanatory teaching model. *Em STEAMING ahead: Fostering critical thinking, problem-solving and creativity* (pp. 127-154). Research Center on Education (CIEd), Institute of Education, University of Minho.
- Voon, X. P.; Wong, S. L.; Wong, L.-H.; Khambari, M. N. M.; Syed Abdullah, S. I. S. (2022). Developing Computational Thinking Competencies through Constructivist Argumentation Learning: A Problem-Solving Perspective. *International Journal of Information and Education Technology*, 12(6), 529–539. <https://doi.org/10.18178/IJiet.2022.12.6.1650>
- Wing, J. (2006). Computational Thinking. *COMMUNICATIONS OF THE ACM*, 49(3), 33–35. <https://www.cs.cmu.edu/~15110-s13/Wing06-ct.pdf>
- Wing, J. M. (2011). Research Notebook: Computational Thinking—What and Why. *The link Magazine*, 6, 20–23. <https://people.cs.vt.edu/~kafura/CS6604/Papers/CT-What-And-Why.pdf>

GAMIFICAÇÃO NO ENSINO DE ECOLOGIA: ABORDAGEM TEÓRICO-PRÁTICA COM O JOGO SOBRE O BIOMA PANTANAL

GAMIFICATION IN ECOLOGY EDUCATION: A THEORETICAL AND PRACTICAL APPROACH USING A GAME ABOUT THE PANTANAL BIOME

GAMIFICACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE ECOLOGÍA: ENFOQUE TEÓRICO-PRÁCTICO CON EL JUEGO SOBRE EL BIOMA DEL PANTANAL

Murilo Ferreira Andrade¹, Mariana Andrade Nunes², Ana Gabriella Alves Andrade², Henrique Pereira do Espírito Santo² & Grazielle Santiago da Silva²

¹Faculdade de Filosofia, Ciências Humanas, Educação e Letras, UFLA - Universidade Federal de Lavras, Brasil

²Instituto de Ciências Naturais, UFLA - Universidade Federal de Lavras, Brasil
muriloandrade903@gmail.com

RESUMO | O jogo "Pantanal em Apuros" aborda os impactos das ações humanas no bioma Pantanal, como as queimadas criminosas, e promove a educação ambiental. Reconhecido como Patrimônio Natural Mundial, o Pantanal é essencial para a biodiversidade e os ecossistemas. O jogo de tabuleiro, com piões que representam animais locais atravessando áreas em chamas até uma reserva biológica, insere elementos de sorte e azar para estimular o aprendizado. A proposta visa diversificar práticas pedagógicas, engajar estudantes na temática ambiental e incentivar o apoio a políticas públicas e ONGs voltadas à conservação. Os resultados indicaram que o jogo favorece a compreensão crítica sobre a conservação ambiental no Pantanal.

PALAVRAS-CHAVE: Metodologias ativas de aprendizagem; Educação ambiental, Jogos, Estratégias didáticas.

ABSTRACT | The game "Pantanal in Trouble" addresses the impacts of human actions on the Pantanal biome, such as criminal burning, and promotes environmental education. Recognized as a World Natural Heritage Site, the Pantanal is essential for biodiversity and ecosystems. The board game, with spinning tops representing local animals crossing burning areas to a biological reserve, introduces elements of luck and chance to stimulate learning. The proposal aims to diversify pedagogical practices, engage students in environmental issues and encourage support for public policies and NGOs focused on conservation. The results indicated that the game favors critical understanding of environmental conservation in the Pantanal.

KEYWORDS: Active learning methodologies; Environmental education; Games; Teaching strategies.

RESUMEN | El juego "Pantanal en Peligro" aborda los impactos de las acciones humanas en el bioma del Pantanal, como los incendios provocados, y promueve la educación ambiental. Reconocido como Patrimonio Natural Mundial, el Pantanal es esencial para la biodiversidad y los ecosistemas. El juego de mesa, con fichas que representan animales locales atravesando zonas en llamas hasta llegar a una reserva biológica, incorpora elementos de azar y suerte para estimular el aprendizaje. La propuesta busca diversificar las prácticas pedagógicas, implicar al alumnado en la temática ambiental y fomentar el apoyo a políticas públicas y ONGs dedicadas a la conservación. Los resultados indicaron que el juego favorece la comprensión crítica sobre la conservación ambiental en el Pantanal.

PALABRAS CLAVE: Metodologías activas de aprendizaje; Educación ambiental; Juegos; Estrategias didáticas.

1. INTRODUÇÃO

O bioma Pantanal tem sofrido constantes queimadas desde meados de 2020 (Libonati et al., 2022). Pensando nas particularidades e problemas recorrentes como as queimadas constantes, contribuindo também com estudos ecológicos sobre mudanças climáticas globais e sobre o efeito das fragmentações de áreas naturais (SOS Pantanal, 2025), torna-se fundamental considerar as diretrizes apresentadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN). Esse documento ressalta a importância de abordar temáticas como sustentabilidade e ecologia de forma interdisciplinar, integrando temas transversais no ensino. Diante deste cenário, desenvolver práticas educativas com essas temáticas é de grande contribuição para a educação básica e para os estudos de Biologia e Ciências, promovendo uma maior conscientização ambiental entre os estudantes (Brasil, 1997).

Nesse contexto, é essencial considerar as macrotendências político-pedagógicas da educação ambiental, conforme discutidas por Layrargues & Lima (2014). Segundo os autores, há três grandes correntes que moldam as práticas educacionais na área ambiental no Brasil: a tendência conservacionista, voltada para a preservação e conservação da natureza com enfoque técnico; a tendência pragmática, que busca soluções pontuais e imediatas para problemas ambientais; e a tendência crítica, que promove uma reflexão estruturante sobre as causas sociais, políticas e econômicas da crise ambiental. A proposta do jogo "Pantanal em Apuros" aproxima-se desta última perspectiva, ao incentivar o pensamento crítico e a compreensão das relações entre ação humana e degradação ambiental.

Além disso, essa prática incorpora conceitos importantes da chamada ecológica do ensino, compreendida como uma abordagem sistêmica que reconhece a escola como um ecossistema onde múltiplas interações influenciam a aprendizagem. Nesse ecossistema, a escolha de estratégias pedagógicas deve considerar não apenas os conteúdos, mas também os contextos sociais, culturais e ambientais nos quais os estudantes estão inseridos (Del Prette, Paiva & Del Prette, 2005).

Essa prática foi desenvolvida no âmbito acadêmico de uma disciplina universitária "Práticas de Ensino em Ecologia", integrante da grade curricular do curso de licenciatura em Ciências Biológicas de uma Universidade Federal. O objetivo da disciplina é estimular os (as) licenciandos (as) a desenvolverem práticas que contribuam para a educação formal básica, promovendo o ensino de conceitos ecológicos de forma significativa e contextualizada. Assim, a motivação da prática educativa apresentada neste trabalho é pautada na promoção da conscientização ambiental e do ensino de conceitos ecológicos de forma interativa e relevante, utilizando a gamificação como estratégia didática. A gamificação, nesse contexto, consiste na aplicação de elementos de jogos — como desafios, regras e recompensas — para potencializar o engajamento dos estudantes e tornar o processo educativo mais atrativo (Deterding et al., 2011).

Para isso, o jogo "Pantanal em Apuros" foi desenvolvido como um recurso pedagógico que visa sensibilizar os estudantes sobre os impactos das ações antrópicas no bioma Pantanal, especialmente as queimadas, a perda de biodiversidade e a degradação ambiental. Além de informar sobre as características do bioma, a prática busca estimular o pensamento crítico dos (as) alunos (as), incentivando-os (as) a refletirem sobre a importância da conservação da natureza, o papel das políticas públicas e das organizações ambientais para a proteção do Pantanal. O jogo propicia uma vivência simbólica dos desafios enfrentados pelos animais do

bioma, permitindo que os estudantes compreendam, de maneira lúdica e envolvente, os efeitos das mudanças ambientais e a necessidade de ações sustentáveis.

Adicionalmente, esse jogo se fundamenta em metodologias ativas de aprendizagem, que colocam o aluno como protagonista no processo educacional, promovendo maior autonomia, participação e reflexão. As metodologias ativas se contrapõem ao modelo tradicional transmissivo, e são consideradas, junto às metodologias inovadoras, como alternativas eficazes para o ensino contemporâneo, alinhadas às demandas de uma educação crítica, contextualizada e transformadora (Layrargues & Lima, 2014). Dessa forma, espera-se não apenas ampliar o interesse dos estudantes pelo meio ambiente, mas também incentivá-los a adotarem atitudes responsáveis e a atuarem como agentes transformadores na defesa da biodiversidade e da sustentabilidade. O público-alvo para aplicação desta prática pode ser estudantes do ensino médio e/ou fundamental, com devidas adequações para cada nível de ensino.

Muitos conceitos em Biologia e Ciências, especialmente aqueles relacionados à Ecologia, são abstratos, o que faz com que muitos estudantes memorizem ou decorem os conteúdos apenas para fins avaliativos, sem uma compreensão significativa (de Sá et al., 2010). Assim, essa prática se justifica em suprir lacunas nos processos educacionais, por meio do uso de práticas dentro do contexto das metodologias ativas. O jogo proposto apresenta informações relevantes sobre o bioma abordado, de forma lúdica e criativa, utilizando um tabuleiro que representa metade de uma área sob os impactos das queimadas e a outra metade como área preservada. Os (As) participantes têm como missão sair da área queimada e alcançar a área preservada, enfrentando obstáculos e oportunidades representadas por cartas sorteadas.

Em uma aplicação piloto com estudantes de graduação do curso de Ciências Biológicas, que se voluntariaram a jogar, a prática demonstrou ser não apenas eficaz, mas também altamente atrativa para o público envolvido. O diferencial do jogo "Pantanal em Apuros" reside justamente em seu caráter inovador: ele transforma conteúdos complexos de Ecologia e Educação Ambiental em uma experiência lúdica, interativa e reflexiva. Ao simular cenários reais de degradação e recuperação ambiental, o jogo permite que estudantes da educação básica compreendam de forma concreta as consequências de diferentes ações humanas e políticas ambientais. Além disso, oferece às professoras e professores uma alternativa didática original, alinhada às metodologias ativas, para enriquecer suas práticas pedagógicas e estimular o protagonismo dos alunos no processo de aprendizagem.

2.FUNDAMENTAÇÃO E CONTEXTO

A adoção de metodologias ativas na educação tem se mostrado fundamental para promover o engajamento dos(as) estudantes, o desenvolvimento do pensamento crítico e a aprendizagem significativa, especialmente em temas complexos como Ecologia e Educação Ambiental (Layrargues & Lima, 2014). Nesse contexto, o jogo didático "Pantanal em Apuros" se insere como uma ferramenta inovadora, alinhada a essas metodologias, ao possibilitar uma participação ativa dos(as) alunos(as) na construção do conhecimento por meio da ludicidade, da simulação de cenários reais e da resolução colaborativa de problemas ambientais. Para compreender a relevância desse tipo de abordagem, é importante contextualizar a importância ecológica do Pantanal e os desafios enfrentados por esse bioma.

O Brasil, com uma extensão territorial de mais de 8.510.000 km² (IBGE, 2025), abriga seis biomas principais, cada um com características distintas que desempenham papéis ecológicos e culturais vitais. Entre eles, destaca-se o Pantanal, a maior área úmida contínua do planeta, com cerca de 150.000 km² distribuídos entre os estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. O bioma abriga mais de 4.700 espécies de plantas e animais (SOS Pantanal) e foi reconhecido pela UNESCO como Patrimônio Natural Mundial e Reserva da Biosfera, devido à sua importância na manutenção da diversidade biológica, dos ciclos hidrológicos e bioquímicos, e da produtividade (IPHAN, 2025; Bensusan, 2008).

Apesar de sua relevância ecológica, o Pantanal enfrenta uma grave degradação provocada por ações humanas como o desmatamento, as queimadas, a caça de animais silvestres, a expansão agropecuária e a construção de hidrovias (Calheiros, 1996; Junk et al., 2011). Esses fatores impactam diretamente a dinâmica e a funcionalidade do bioma, provocando a extinção de espécies nativas e comprometendo os serviços ecossistêmicos essenciais à manutenção do equilíbrio ambiental (Franco et al., 2016; Leite, 2018). Além disso, a ausência de políticas públicas eficazes agrava ainda mais essa situação, afetando também as comunidades humanas que dependem diretamente desse ecossistema para sua subsistência (Ferreira, 2022; Hammes & Ferraz, 2003).

Diante desse cenário alarmante, torna-se imprescindível compreender os biomas brasileiros como parte fundamental da preservação da biodiversidade e da identidade ecológica e cultural do país (Witt, 2014). O Pantanal, em especial, exige atenção prioritária por sua vulnerabilidade crescente e pelo risco que corre de perder sua funcionalidade ecológica. A conservação desse bioma requer, portanto, estratégias integradas que aliem ciência, políticas públicas e educação. É nesse ponto que a educação ambiental se apresenta como uma estratégia essencial para a preservação do Pantanal (Süssekind, 2019). Promover o conhecimento sobre o bioma e seus desafios contribui para a formação de cidadãos críticos e conscientes, capazes de adotar atitudes responsáveis e apoiar políticas públicas e iniciativas que visem à mitigação dos impactos ambientais (Süssekind, 2017). Estimular o engajamento da sociedade, especialmente de crianças e jovens, por meio de metodologias ativas de aprendizagem, fortalece a cultura da conservação e o compromisso coletivo com a proteção do patrimônio natural brasileiro.

A introdução de recursos didáticos inovadores, como jogos de tabuleiro, pode transformar a maneira como o conhecimento é transmitido, tornando o aprendizado mais interativo, significativo e contextualizado (Seniciato & Cavassan, 2009). O jogo “Pantanal em Apuros” não apenas educa sobre a biodiversidade e os problemas ambientais do Pantanal, mas também apresenta elementos didáticos específicos que contribuem diretamente para esse processo educativo. Entre esses elementos, destacam-se as cartas do jogo, que contêm definições acessíveis de conceitos como biodiversidade, queimadas, espécies endêmicas e ameaçadas, além de apresentarem informações sobre habitats e regiões específicas do Pantanal onde determinadas espécies vivem. O tabuleiro é dividido em áreas degradadas e preservadas, ilustrando diferentes formas de cobertura vegetal e indicando a presença de espécies típicas da região, como a onça-pintada, o tuiuiú e o jacaré-do-pantanal, promovendo a identificação dos(as) jogadores(as) com os ecossistemas locais.

Esses recursos visuais e informativos incentivam os(as) estudantes a pensarem criticamente sobre os impactos das ações humanas e possíveis soluções para os problemas enfrentados pelo bioma (Torres, 2020; Conceição et al., 2020). Além disso, a abordagem

pedagógica adotada deve considerar a ecologia do aprendizado, valorizando a interconexão entre conhecimentos científicos, culturais e ambientais, de modo a desenvolver competências informacionais e ambientais nos(as) estudantes (Valenzuela Urra et al., 2020). Nessa perspectiva, torna-se fundamental adotar uma visão ecológica do ensino, que compreenda as práticas pedagógicas à luz das novas dinâmicas tecnológicas e digitais, conforme apontado por Fataar e Norodien-Fataar (2021), ao discutirem a importância de uma abordagem baseada em ecologias de *e-learning* na educação pós-COVID.

Jogos didáticos como Pantanal em Apuros permitem que os(as) estudantes simulem cenários reais de degradação e recuperação ambiental, compreendendo as consequências de diferentes ações e políticas. Ao participarem dessas atividades lúdicas, desenvolvem habilidades como a resolução de problemas, o pensamento crítico, a empatia e a responsabilidade socioambiental. Dessa forma, a aplicação de jogos na prática docente representa uma alternativa inovadora e eficaz, ao diversificar as estratégias de ensino e ampliar a participação dos(as) alunos(as), rompendo com metodologias tradicionais (Segura, 2001).

3. DESENVOLVIMENTO DA PRÁTICA EDUCATIVA E SUAS IMPLICAÇÕES

O jogo tem como função fomentar o conhecimento dos (as) alunos (as) quanto à biodiversidade do bioma brasileiro Pantanal vislumbrando a riqueza e importância de sua fauna/flora, bem como reconhecer a necessidade de medidas ecológicas para preservação e recuperação do ambiente, fomentando a construção do senso crítico dos (as) estudantes frente ao cenário de desmatamento e extinção das espécies. Conforme exigido pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018), na sessão de Ciências (anos finais), unidade temática “Vida e Evolução”, objetos de conhecimento “Preservação da biodiversidade”: “(EF09CI12) Justificar a importância das unidades de conservação para a preservação da biodiversidade e do patrimônio nacional, considerando os diferentes tipos de unidades (parques, reservas e florestas nacionais), as populações humanas e as atividades a eles relacionados; (EF09CI13) Propor iniciativas individuais e coletivas para a solução de problemas ambientais da cidade ou da comunidade, com base na análise de ações de consumo consciente e de sustentabilidade bem-sucedidas.”

Essa proposta está alinhada a diversos objetivos educacionais específicos, os quais podem ser sistematizados e relacionados às atividades propostas no jogo. Considerando a proposta pedagógica do jogo “Pantanal em Apuros” e sua articulação com os princípios da Educação Ambiental crítica e das metodologias ativas, é fundamental explicitar de forma sistematizada os objetivos de aprendizagem que a atividade pretende alcançar. Além disso, é igualmente importante evidenciar como cada uma dessas metas educativas se manifesta nas características e dinâmicas do jogo. A seguir, apresenta-se um quadro que sintetiza os principais objetivos trabalhados por meio do jogo e as respectivas ações ou recursos lúdico-didáticos que os promovem, demonstrando a intencionalidade pedagógica da prática e seu alinhamento com as diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

Quadro 1 - Objetivos de aprendizagem do jogo "Pantanal em Apuros" e as características/atividades correspondentes

Objetivo da aprendizagem	Características/atividades do jogo que o desenvolvem
Sensibilizar sobre os impactos das ações humanas no bioma Pantanal Estimular o pensamento crítico sobre degradação ambiental e políticas de conservação	Tabuleiro com representação de áreas queimadas e conservadas; cartas com ameaças ambientais reais e iniciativas de conservação. Rodas de conversa com perguntas reflexivas após o jogo; cartas que exigem tomada de decisão e avaliação de impactos ambientais.
Promover a compreensão da biodiversidade e das espécies do Pantanal	Peões representando espécies icônicas do bioma; cartas informativas sobre animais e seus habitats.
Integrar conhecimentos interdisciplinares	Possibilidade de discussões interdisciplinares durante e após o jogo sobre causas estruturais dos impactos ambientais.
Estimular a resolução de problemas e tomada de decisões	Elementos de sorte e azar que simulam incertezas e exigem adaptação a novas condições, incentivando reflexão estratégica.
Promover o engajamento ativo dos estudantes por meio de metodologias ativas e lúdicas	Dinâmica interativa com tabuleiro, peões e cartas; estrutura colaborativa e competitiva do jogo; uso de espaços diversos para aplicação (sala, pátio etc.).
Contribuir para o atendimento da BNCC na temática "Vida e Evolução" no ensino de Ciências	Alinhamento aos objetos de conhecimento EF09CI12 e EF09CI13, que tratam da preservação da biodiversidade e proposição de soluções ambientais.

O jogo "Pantanal em Apuros" (Figura 1) é um material didático elaborado para trabalhar as ameaças que o bioma Pantanal vem sofrendo ultimamente e enfatizar como as espécies que vivem ali estão sendo impactadas pelas queimadas, seca, caça, atropelamento em rodovias, poluição, entre outras ameaças. Ademais, o jogo também aborda iniciativas de conservação para mostrar que existem ações que tentam amenizar os impactos para o bioma, as espécies e as pessoas que vivem neste local. O jogo pode ser visualizado e acessado por meio do seguinte link: https://drive.google.com/drive/folders/1Ru6ZoOxQQI0Rvfw8IKrjxO_bPwKyu_TI?usp=sharing.



Figura 1 Visão Geral do Jogo “Pantanal em Apuros”

O jogo foi desenvolvido em formato de tabuleiro (Figura 2), em que metade dele é representado por uma área de queimadas e metade por uma área conservada. O intuito é que os (as) jogadores (as) fujam do fogo e cheguem até uma unidade de conservação. Para isso, cada jogador (a) deve escolher um peão para percorrer o caminho até a área conservada. Como peões, escolhemos quatro espécies marcantes no Pantanal: onça-pintada, cervo-do-pantanal, tuiuí e ariranha (Figura 3). Vale ressaltar que, de acordo com a Portaria do Ministério do Meio Ambiente N°148 de 7 de junho de 2022 (Brasil, 2022), dentre estas espécies apenas o tuiuí não está ameaçado de extinção.

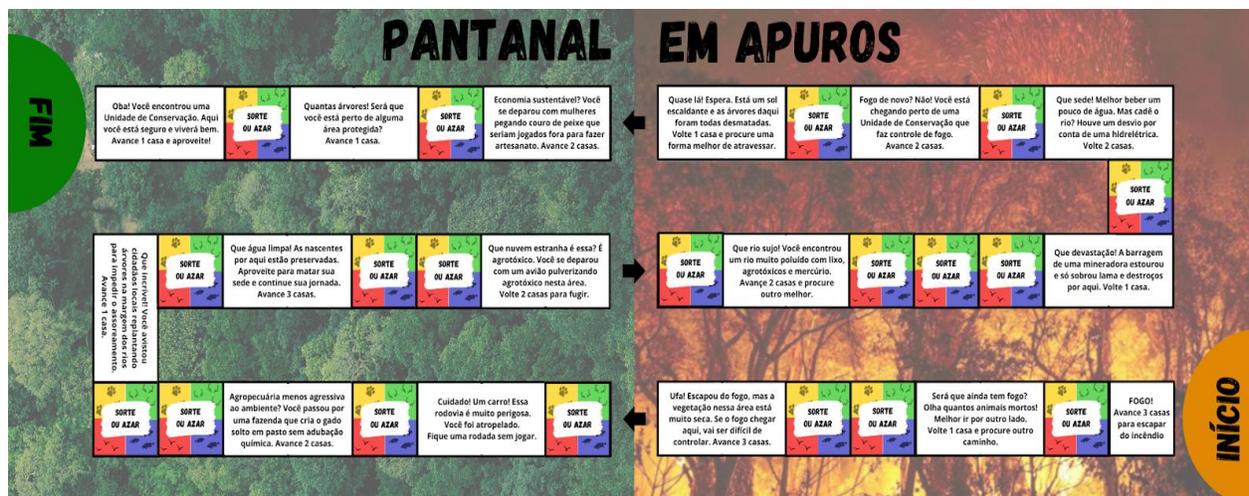


Figura 2 Tabuleiro do Jogo “Pantanal em Apuros”



Figura 3 Peões do Jogo “Pantanal em Apuros”

Para avançar ou voltar no jogo, existem casas no tabuleiro com dicas que indicam o movimento a ser feito pelo (a) jogador (a). As casas brancas com dicas em seu interior são referentes a ameaças ou iniciativas gerais, isto é, que afetam o bioma como um todo e podem afetar qualquer uma das espécies em jogo. No entanto, também existem ameaças ou iniciativas que são específicas para cada uma das espécies. Para isso, existem casas de sorte ou azar que levam o (a) jogador (a) a pegar uma carta aleatória do baralho da espécie escolhida para jogar (Figura 4). Neste baralho individual existem ameaças e iniciativas específicas para a espécie em questão, por exemplo o Instituto ONÇAFARI que é uma iniciativa de conservação para a onça-pintada.

Contudo, reconhece-se que a escolha terminológica de “sorte” e “azar” pode suavizar ou descontextualizar as causas reais dos problemas socioambientais abordados nas cartas, diluindo a responsabilidade humana — especialmente de setores econômicos e políticos — nas dinâmicas que degradam o bioma Pantanal. Essa abordagem pode inadvertidamente se alinhar à macrotendência pragmática da Educação Ambiental (Layrargues & Lima, 2014), que tende a tratar os problemas ambientais de forma despolitizada, sem considerar suas raízes estruturais. Assim, a inclusão desses termos é compreendida como uma limitação do jogo, a ser revista em futuras versões, de forma a promover uma abordagem mais crítica e politizada, alinhada com a tendência crítica da Educação Ambiental.

Dessa forma, o jogo oferece um importante ponto de partida para debates interdisciplinares em sala de aula, envolvendo não apenas as Ciências da Natureza, mas também Geografia, História, Sociologia, Língua Portuguesa e Artes. É possível, por exemplo, propor discussões sobre as causas estruturais das queimadas e da escassez hídrica; questionar os interesses econômicos por trás das hidrelétricas; analisar criticamente o modelo de desenvolvimento rural vigente; discutir o papel do Estado, das populações tradicionais e da sociedade civil na preservação dos ecossistemas; e estimular os (as) alunos (as) a propor alternativas sustentáveis em suas comunidades.

Para aprofundar ainda mais a criticidade dos (as) estudantes, recomenda-se que ao final do jogo sejam promovidas rodas de conversa com questões reflexivas, como: “Quem são os responsáveis pelas ameaças enfrentadas?”, “Quais políticas públicas poderiam evitar tais impactos?”, “Que tipo de desenvolvimento queremos para o país?” ou ainda “Como podemos agir localmente para proteger o meio ambiente?”. Essas atividades ampliam o escopo formativo do jogo, integrando-o à dimensão política e social da Educação Ambiental e estimulando o protagonismo juvenil frente aos desafios ambientais contemporâneos.



Figura 4 Cartas de Sorte ou Azar do Jogo “Pantanal em Apuros”

Quanto às regras do jogo, todos os peões começam na casa de início e a ordem dos (as) jogadores (as) é determinada por quem tirar o maior número no dado numa rodada anterior ao início do jogo. Com a ordem determinada, na sua vez, cada jogador (a) deve jogar o dado e andar o número de casas indicadas por ele. Se o (a) jogador (a) cair em uma casa branca que peça para avançar, ele avança. Se o (a) jogador (a) cair em uma casa branca que peça para voltar, ele volta. Se o (a) jogador (a) cair em uma casa de sorte ou azar, ele/ela deve avançar em uma carta de sorte e voltar em uma carta de azar. Ademais, para dar maior fluidez ao jogo, os (as) jogadores (as) só podem avançar ou voltar duas vezes. Caso eles já tenham feito isso, eles devem parar e passar a vez. Dessa forma, se a pessoa avançou ou voltou duas vezes seguidas, ela para. Mas também, se o (a) jogador (a) avançou, voltou e avançou novamente ou voltou, avançou e voltou novamente, ele também para. Por fim, vence o (a) jogador (a) que chegar primeiro ao final do tabuleiro à área preservada.

Nas escolas, recomendamos que seja dada uma aula prévia de 50 minutos sobre o bioma Pantanal e seus principais aspectos. Em seguida, deve-se separar pelo menos outra aula de 50 minutos para aplicar o jogo, podendo demorar mais, dependendo do tamanho das turmas e também do tempo que o (a) professor (a) tem para investir no jogo. Quanto à sua forma de aplicação, sugerimos algumas opções. Primeiro, o jogo pode ser impresso mais de uma vez e vários tabuleiros serem distribuídos na sala de aula, de modo que o (a) professor (a) pode explicar as regras do jogo e posteriormente atuar como mediador entre os grupos. Segundo o tabuleiro pode ser projetado em um data show e as cartas de sorte ou azar serem impressas, permitindo que o (a) professor (a) pode dividir a turma em quatro grupos, aplicar o jogo na sala inteira e marcar o avanço dos peões no quadro. Terceiro, o tabuleiro pode ser desenhado em uma área externa da escola com giz, as cartas de sorte ou azar e um tabuleiro podem ser impressos para o (a) professor (a) se orientar na disposição das casas e ler as dicas para os (as) alunos (as) e os (as) estudantes podem atuar como os próprios peões do jogo. Neste caso, pode-se desenhar mais de um tabuleiro e o (a) professor (a) ser mediador ou desenhar apenas um tabuleiro e fazer mais rodadas. Quarto, o tabuleiro pode ser confeccionado em tamanhos maiores com tecido TNT ou lona e aplicado em áreas externas da mesma forma da opção anterior. Vale ressaltar que cada professor (a) pode adaptar a aplicação do jogo diante da realidade da sua escola e de acordo com cada uma de suas turmas, inclusive elaborar outras formas de aplicação que não foram citadas.

4. AVALIAÇÃO DA PRÁTICA E PRINCIPAIS RESULTADOS

A fim de testar a efetividade do jogo, “Pantanal em Apuros”, o mesmo foi aplicado a uma turma de estudantes do Ensino Superior do curso de Ciências Biológicas em uma disciplina de Biogeografia de uma Universidade Federal. O objetivo foi avaliar a eficácia deste recurso didático como ferramenta de gamificação para o ensino sobre o bioma Pantanal a partir da perspectiva de futuros biólogos e professores (as) de biologia.

Para a aplicação, foi realizada uma apresentação introdutória que contextualizou o jogo, abordando sua metodologia, objetivos pedagógicos e um exemplo de plano de aula que demonstrava como o recurso poderia ser utilizado na Educação Básica. Após a explicação, foi entregue um formulário de avaliação estruturado a todos os(as) 25 estudantes presentes (Tabela 1). O instrumento de coleta de dados foi elaborado com perguntas objetivas e subjetivas, com

foco na clareza do conteúdo, engajamento promovido pelo jogo, aplicabilidade didática e percepção do aprendizado.

Para garantir a imparcialidade da avaliação, os formulários foram respondidos de forma totalmente anônima, sem qualquer identificação pessoal dos(as) participantes. Isso assegurou que os(as) estudantes pudessem expressar suas opiniões de maneira livre e sem receio de julgamentos. Além disso, a mediação da atividade foi realizada por uma equipe externa ao desenvolvimento do jogo, sem vínculo direto com a autoria do recurso, garantindo uma condução neutra da dinâmica e da coleta de dados. Nenhuma interferência ou direcionamento foi feito durante a aplicação do jogo ou no preenchimento do formulário.

Durante a sessão, quatro estudantes se voluntariaram para participar ativamente da dinâmica, jogando enquanto os demais observavam. Essa divisão permitiu uma análise coletiva do funcionamento e da receptividade do jogo em tempo real. Todos os(as) presentes foram convidados(as) a registrar suas impressões por meio do formulário, promovendo uma avaliação ampla e acessível da experiência.

Tabela 1- Formulário de avaliação do jogo “Pantanal em Apuros”

Perguntas	Opções de resposta
Você é discente de Bacharelado ou Licenciatura?	<input type="checkbox"/> Bacharelado <input type="checkbox"/> Licenciatura
Após a aplicação do jogo, você acha que ficou mais fácil de compreender mais sobre as características do bioma Pantanal?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Parcialmente <input type="checkbox"/> Não
Você, na sua competência de professor (a), utilizaria esse jogo para ministrar uma aula para o 1°EM?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Você tem alguma sugestão ou comentário sobre o jogo? Por favor, pontue o que compreender como relevante:	Resposta discursiva

Como resultado, 64% dos (as) estudantes estavam cursando o bacharelado e 36% a licenciatura (Figura 5).

1ª Pergunta: Você é discente de Bacharelado ou Licenciatura?

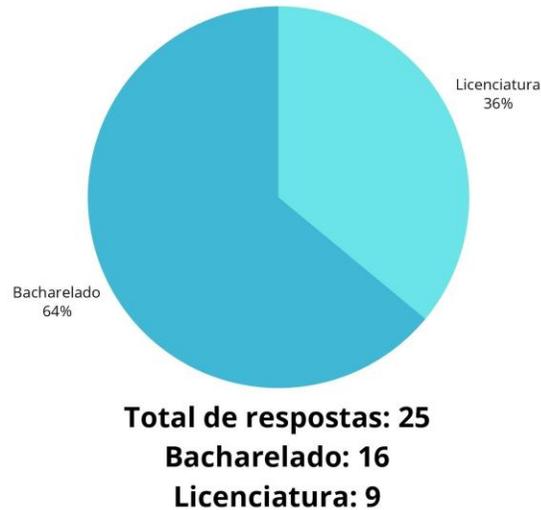


Figura 5 Resultado da primeira pergunta do formulário de avaliação

Em relação à compreensão das características do bioma Pantanal por meio do jogo, 13 estudantes de bacharelado afirmaram que se tornou esta se mais fácil, enquanto 3 responderam que o jogo contribuiu parcialmente para essa finalidade. Quanto à licenciatura, 8 responderam sim e 1 respondeu parcialmente (Figura 6).

2ª Pergunta: Após a aplicação do jogo, você acha que ficou mais fácil de compreender sobre as características do bioma pantanal?

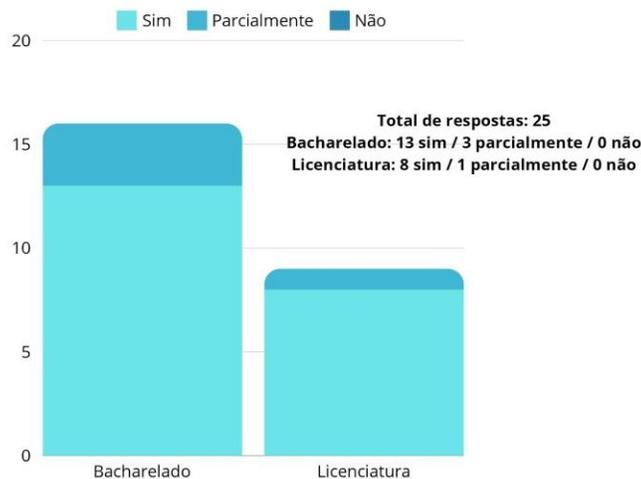


Figura 6 Resultado da segunda pergunta do formulário de avaliação

Os resultados mostraram que a maioria dos (as) estudantes estava disposto a utilizar o jogo em alguma prática docente. Do bacharelado, 14 discentes disseram que usariam esse recurso em aula, enquanto 2 disseram que não. Da licenciatura, 8 afirmaram que utilizariam o jogo em sua competência de professor (a), enquanto 1 disse que não (Figura 7).

3ª Pergunta: Você, na competência de professor(a), utilizaria esse jogo para ministrar uma aula para o 1º ano do EM?

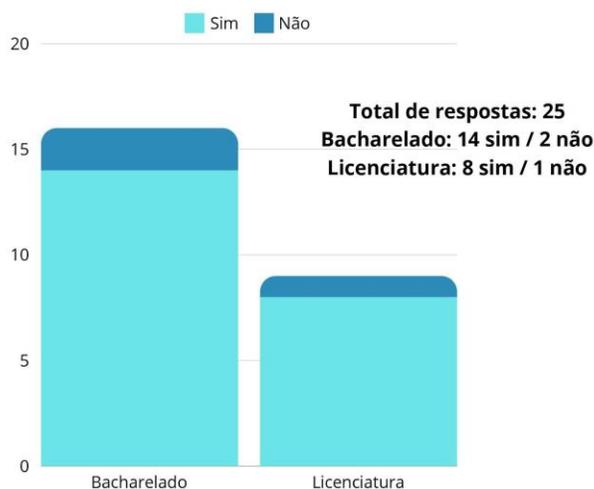


Figura 7 Resultado da terceira pergunta do formulário de avaliação

Em relação à quarta pergunta, as sugestões e os comentários dos participantes reforçaram o valor do jogo como ferramenta de educação, elogiando a criatividade e a estrutura intuitiva. Alguns alunos (as) sugeriram a inclusão de mais alguns aspectos socioculturais e um aprofundamento maior nas questões metodológicas do jogo. Esse alto índice de aceitação destaca o potencial do jogo como uma ferramenta educativa que não apenas informa, mas também motiva os (as) estudantes a se tornarem agentes ativos na conservação ambiental.

Além disso, um ponto que chamou bastante atenção nos resultados foi como o jogo incentivou os (as) alunos (as) a pensarem de forma crítica. "Pantanal em Apuros" não só mostrou as ameaças que o Pantanal enfrenta, mas também fez os (as) estudantes refletirem sobre possíveis soluções para esses problemas. Incorporando elementos de sorte e azar, o jogo trouxe um toque das incertezas do mundo real, o que ajudou a desenvolver habilidades de resolução de problemas e a entender melhor a importância da responsabilidade, tanto individual quanto coletiva, na preservação do meio ambiente. Esses resultados indicam que essa gamificação foi uma metodologia eficaz para o ensino de biomas, promovendo um aprendizado ativo e significativo.

A riqueza da biodiversidade brasileira é inquestionável, e o Pantanal, um dos seis biomas principais do Brasil, desempenha um papel central na manutenção dos processos ecológicos e na preservação de espécies nativas (Witt, 2014). Com sua extensão territorial que abrange cerca de

150.000 km² entre os estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, o Pantanal se destaca não apenas como a maior área úmida do planeta, mas também como um patrimônio natural de valor inestimável, reconhecido pela UNESCO como Patrimônio Natural Mundial e Reserva da Biosfera. Esse reconhecimento reflete a importância do Pantanal na manutenção da diversidade biológica, nos ciclos hidrológicos e bioquímicos, além de sua alta produtividade. No entanto, apesar de sua relevância, o bioma pantaneiro enfrenta ameaças crescentes, como desmatamento, queimadas, caça de animais silvestres e construção de hidrovias, que comprometem tanto sua dinâmica quanto sua funcionalidade, resultando na extinção de diversas espécies (Bensusan, 2008; Franco et al., 2016; Sússekind, 2019). Diante deste cenário alarmante, torna-se imperativo buscar estratégias que aliem a educação ambiental à conservação do Pantanal. A formação de cidadãos críticos e conscientes emerge como uma ferramenta essencial na luta pela preservação desse bioma, uma vez que cidadãos informados tendem a buscar e implementar medidas direcionadas à mitigação dos impactos ambientais (Sússekind, 2017).

Por fim, ao atender aos critérios da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o ensino de Ciências, especificamente na unidade temática "Vida e Evolução", o jogo "Pantanal em Apuros" não só contribui para a preservação da biodiversidade, mas também cumpre um papel fundamental na formação de jovens cidadãos que podem, no futuro, ser agentes ativos na proteção do meio ambiente. As iniciativas propostas pelo jogo, como a fuga das queimadas e a chegada a uma área conservada, espelham o tipo de pensamento crítico e ação proativa que é necessária para enfrentar os desafios ambientais do século XXI.

5. CONCLUSÃO E IMPLICAÇÕES

Em conclusão, o jogo "Pantanal em Apuros" se revela como uma ferramenta pedagógica inovadora e impactante, que vai além da simples transmissão de conhecimento. Ele proporciona aos alunos e alunas uma experiência de aprendizado ativa e reflexiva, integrando de forma lúdica e engajante as complexidades da conservação ambiental e a importância da biodiversidade do Pantanal. Ao aliar a educação ambiental à prática do jogo, os(as) alunos(as) não só compreendem as ameaças que o bioma enfrenta, como também se tornam protagonistas na busca por soluções. Esta metodologia não apenas atende às diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), mas também prepara os jovens para serem cidadãos conscientes e críticos, capazes de enfrentar os desafios ambientais futuros.

Apesar de seus resultados promissores, é importante reconhecer algumas limitações da aplicação inicial do jogo. Primeiramente, a avaliação foi realizada com uma amostra composta por estudantes do Ensino Superior, o que pode não refletir com precisão a recepção e o engajamento do público-alvo principal, que são estudantes do Ensino Fundamental e Médio. Em segundo lugar, a natureza da avaliação baseou-se predominantemente na percepção dos participantes sobre a facilidade de aprendizado, o que, embora relevante, não representa uma medida objetiva do aprendizado efetivo. A aplicação de testes de conhecimento específicos poderia complementar e enriquecer essa análise. Além disso, a realização do jogo em um número mais amplo de turmas e em diferentes contextos educacionais — como escolas com distintas realidades socioeconômicas — poderia oferecer dados mais robustos sobre sua eficácia e adaptabilidade. Por fim, embora o tempo de aplicação tenha sido sugerido, a relação entre o

tempo dedicado ao jogo e a assimilação do conteúdo ainda não foi formalmente investigada, representando uma oportunidade para estudos futuros.

Assim, o jogo "Pantanal em Apuros" contribui significativamente para a formação de uma consciência ecológica que valoriza a preservação e recuperação dos nossos recursos naturais, essencial para a sustentabilidade do planeta, ao mesmo tempo em que abre espaço para aprimoramentos e pesquisas adicionais que fortaleçam ainda mais sua eficácia como ferramenta educacional.

REFERÊNCIAS

- Bensusan, N. (Ed.). (2008). *Seria melhor mandar ladrilhar?: biodiversidade como, para que, por quê*. Editora Peirópolis.
- Brasil. (1997). Parâmetros curriculares nacionais: Meio ambiente e saúde. Secretaria de Educação Fundamental, Ministério da Educação.
- Brasil. (2018). Base nacional comum curricular. Ministério da Educação.
- Brasil. (2022, 7 de junho). Portaria nº 148, de 7 de junho de 2022. *Ministério do Meio Ambiente*. <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mma-n-148-de-7-de-junho-de-2022-406272733>. Acesso em: 16 de maio de 2025.
- Calheiros, D. F., & da Fonseca Júnior, W. C. (1996). Perspectivas de estudos ecológicos sobre o Pantanal. *EMBRAPA-CPAP*, 41.
- Conceição, A. R. da, Mota, M. D. A., & Barguil, P. M. (2020). Jogos didáticos no ensino e na aprendizagem de Ciências e Biologia: concepções e práticas docentes. *Research, Society and Development*, 9(5), e165953290-e165953290.
- Del Prette, Z. A. P., Paiva, M. L. M. F., & Del Prette, A. (2005). Contribuições do referencial das habilidades sociais para uma abordagem sistêmica na compreensão do processo de ensino-aprendizagem. *Interações*, 10(20), 57-72.
- De Sá, R. G. B., Jófili, Z. M. S., dos Anjos Carneiro-Leão, A. M., & Lopes, F. M. B. (2010). Conceitos abstratos: um estudo no ensino da Biologia. *Revista da SBEnBio-Número*, 3, 564.
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: Defining "gamification". In *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments* (pp. 9–15). ACM.
- Fataar, A., & Norodien-Fataar, N. (2021). Towards an e-learning ecologies approach to pedagogy in a post-COVID world. *Journal of Education* (University of KwaZulu-Natal), (84), 155–168.
- Ferreira, R. de O. (2022). A PROTEÇÃO JURÍDICA DAS COMUNIDADES TRADICIONAIS E INDÍGENAS DO BIOMA PANTANAL. *Revista InterJuris*, 1(9).
- Franco, J. L. A., Drummond, J. A., Gentile, C., & Azevedo, A. I. de. (2016). Is the Pantanal a pristine place? Conflicts related to the conservation of the Pantanal. *Ambiente & Sociedade*, 19(2), 289–294.
- Hammes, V. S., & Ferraz, J. M. G. (2003). Valores e conscientização da sociedade. *Revista Educação e Cultura Contemporânea*, 1(2), 112-120.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2025). Dimensões territoriais e biodiversidade do Brasil. IBGE.
- Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. (2025). Patrimônio natural do Pantanal: Diversidade e conservação. IPHAN.
- Junk, W. J., Nunes da Cunha, C., Wantzen, K. M., Petermann, P., Strüssmann, C., Marques, M. I., & Adis, J. (2011). Concluding remarks: overall impacts on biodiversity and future perspectives for conservation in the Pantanal biome. *Brazilian Journal of Biology*, 71(1 suppl 1), 337–341.

- Layrargues, P. P., & Lima, G. F. D. C. (2014). As macrotendências político-pedagógicas da educação ambiental brasileira. *Ambiente & sociedade*, 17, 23-40.
- Libonati, R., Geirinhas, J. L., Silva, P. S., Russo, A., Rodrigues, J. A., Belém, L. B., ... & Trigo, R. M. (2022). Assessing the role of compound drought and heatwave events on unprecedented 2020 wildfires in the Pantanal. *Environmental Research Letters*, 17(1), 015005.
- Leite, L. M. S. N. (2018). *Implementação e efetividade da convenção de Ramsar como ferramenta de conservação ambiental no mundo e no Brasil* [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais]. Repositório Institucional da Universidade Federal de Minas Gerais. <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-B7BJV7>
- Pereira, E. da C. (2023). Argumentações e construção da aprendizagem segundo docentes de ciências: um panorama no contexto do ensino de ciências da rede pública da cidade de Codó/MA [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Maranhão]. Sistema de Publicação Eletrônica de Teses e Dissertações. <https://tede2.ufma.br/jspui/handle/tede/5101>
- Segura, D. D. S. B. (2001). *Educação ambiental na escola pública: da curiosidade ingênua à consciência crítica* (Vol. 158). Annablume.
- Seniciato, T., & Cavassan, O. (2009). O ensino de ecologia e a experiência estética no ambiente natural: considerações preliminares. *Ciência & Educação* (Bauru), 15(2), 355–368
- SOS Pantanal. o Pantanal e a Bacia do Alto Paraguai. *SOS Pantanal*. <https://sospantanal.org.br/pantanal/>. Acesso em: 17 de março de 2025.
- SOS Pantanal. (2021, 11 de novembro). Conheça as 4 principais ameaças para o Pantanal. *SOS Pantanal*. <https://www.sospantanal.org.br/conheca-as-4-principais-ameacas-para-o-pantanal/>. Acesso em: 17 de março de 2025.
- Süssekind, F. (2017). Onças e humanos em regimes de ecologia compartilhada. *Horizontes Antropológicos*, 23(48), 49–73.
- Süssekind, F. (2019). A história de Gigante: conservação e caça no Pantanal. *Sociologia & Antropologia*, 9(3), 755–778.
- Torres, R. S. (2020). *"Protetores da restinga": projeto de educação ambiental no ensino fundamental desenvolvido pela escola ambiental de bodyboarding-Itaparica/ES*. [Dissertação de Mestrado, Instituto Federal do Espírito Santo]. Repositório do Instituto Federal do Espírito Santo.
- Valenzuela Urra, C., Valdenegro Egozcue, B., & Oliveros Castro, S. (2020). Ecologías del aprendizaje y la contribución de las competencias informacionales: una reflexión teórica. *Palabra Clave*, 10(1), 107–107.
- Witt, P. B. R. (2014). *Espaços territoriais especialmente protegidos: "biodiversidade e a gestão de áreas protegidas no Brasil"*. [Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização, Universidade Federal do Rio Grande do Sul]. LUME Repositório Digital da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/129519>

**CONSTRUÇÃO DE NARRATIVAS NO ESTUDO DE PROCESSOS OXIDATIVOS
AVANÇADOS E NA AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTOS AMBIENTAIS**

**BUILDING NARRATIVES IN THE STUDY OF ADVANCED OXIDATIVE PROCESSES AND
ENVIRONMENTAL KNOWLEDGE ACQUISITION**

**CONSTRUCCIÓN DE NARRATIVAS EN EL ESTUDIO DE PROCESOS OXIDATIVOS AVANZADOS Y LA
ADQUISICIÓN DE CONOCIMIENTOS AMBIENTALES**

Caio Moralez de Figueiredo¹, Renata Almeida Chagas^{1,2} & Salete Linhares Queiroz¹

¹Universidade de São Paulo, Brasil

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Brasil
caiomoralez@usp.br; renata.chagas@ifba.edu.br; salete@iqsc.usp.br

RESUMO | Este trabalho tem como objetivo relatar e analisar uma prática educativa realizada em um curso de Bacharelado em Química, com o propósito de desenvolver conhecimentos ambientais dos graduandos relacionados aos processos oxidativos avançados. Para tanto, foi solicitada a criação de narrativas no formato de vídeos curtos animados na plataforma Scratch, abordando o tratamento de efluentes industriais. As sete narrativas analisadas, todas disponíveis online, contemplaram conhecimentos de sistema, de ação e de eficácia, relacionados ao conhecimento ambiental. A articulação desses diferentes conhecimentos pelos estudantes aponta para o êxito da prática educativa, que incentiva comportamentos ambientalmente responsáveis.

PALAVRAS-CHAVE: Práticas de ensino, Meios audiovisuais, Ensino de Química, Sustentabilidade.

ABSTRACT | This work aims to report and analyze an educational practice carried out in a Bachelor's degree course in Chemistry, with the aim of developing undergraduates' environmental knowledge related to advanced oxidative processes. To this end, the students were asked to create narratives in the form of short animated videos on the Scratch platform, dealing with the treatment of industrial effluents. The seven narratives analyzed, all available online, covered knowledge of systems, action and effectiveness, related to environmental knowledge. The articulation of this different knowledge by the students points to the success of the educational practice, which encourages environmentally responsible behavior.

KEYWORDS: Teaching practices, Audiovisual media, Chemistry teaching, Sustainability.

RESUMEN | Este trabajo tiene como objetivo relatar y analizar una práctica educativa realizada en el curso de pregrado en Química, con el propósito de desarrollar conocimientos ambientales de los estudiantes relacionados a los procesos oxidativos avanzados. Por tal motivo, se solicitó la creación de narrativas en el formato de vídeos cortos animados en la plataforma Scratch, abordando el tratamiento de efluentes industriales. Las siete narrativas analizadas todas disponibles en online, contemplaron conocimientos de sistemas, de acción y de eficacia, relacionados a los conocimientos ambientales. La articulación de estos diferentes conocimientos por los estudiantes apunta para el éxito de la práctica educativa, que incentiva comportamientos ambientales responsables.

PALABRAS CLAVE: Prácticas de enseñanza, Medios audiovisuales, Enseñanza de la Química, Sostenibilidad.

1. INTRODUÇÃO

A crescente escassez e a poluição da água tornaram-se grandes problemas globais, representando uma ameaça à saúde humana, ao desenvolvimento econômico e aos ecossistemas (Bux, et al., 2025). O tratamento inadequado e o descarte indiscriminado de poluentes, realizados por diversas indústrias, são os principais responsáveis pela poluição da água. Os efluentes provenientes de vários setores industriais contêm uma variedade de compostos orgânicos persistentes com diferentes graus de toxicidade, bem como algumas moléculas inorgânicas e metais pesados (Madhavan, et al., 2019).

Ao longo dos anos, vários métodos têm sido desenvolvidos e implementados para tratar águas residuais, incluindo tratamento químico, adsorção, filtração e técnicas de troca iônica (Yang, et al., 2025). Entretanto, devido ao aumento das concentrações de emissões e a variedade de poluentes micro-orgânicos, os métodos convencionais atualmente empregados para o tratamento de água e águas residuais não são eficazes na remoção completa de vários grupos destes contaminantes antropogênicos (Trojanowicz, 2020; Yang, et al., 2025;). Há, portanto, um crescente interesse no desenvolvimento de métodos de tratamento mais eficientes e sustentáveis. Nessa perspectiva, os processos oxidativos avançados (POAs) têm atraído atenção.

Os POAs utilizam oxidantes como peróxido de hidrogênio, peroximonossulfato, persulfato e ozônio, auxiliados por processos térmicos, fotólise, eletrólise, produtos químicos e catalisadores, para gerar uma variedade de espécies reativas de oxigênio (Zhu, et al., 2025). Dessa forma, possuem a capacidade de oxidar poluentes persistentes, transformando-os em substâncias mais polares e menos prejudiciais, levando, por fim, à mineralização desses compostos em dióxido de carbono e água (Uluçtan, et al., 2025). O seu uso, quando comparado ao das técnicas convencionais, gera substâncias que possuem pouca ou nenhuma toxicidade à saúde humana e ao ambiente.

Frente ao exposto, cabe destacar que o sucesso na mitigação dos efeitos adversos da poluição da água exige não apenas o desenvolvimento de novas metodologias para o tratamento de efluentes e avaliação de seus produtos e subprodutos. É também fundamental elaborar estratégias de ensino que aprofundem o conhecimento ambiental (Frick, et al., 2004) dos estudantes, ampliando seus níveis de aprendizagem sobre o tema.

Nessa perspectiva, este trabalho tem como objetivo relatar e analisar uma prática educativa realizada em um curso de Bacharelado em Química, com o propósito de desenvolver conhecimentos ambientais dos graduandos relacionados aos POAs. Para tanto, foi solicitada a criação de narrativas no formato de vídeos curtos animados, abordando o tratamento alternativo de efluentes industriais por meio de POAs.

As narrativas foram analisadas sob a ótica da aquisição de conhecimentos ambientais, conforme explicitado por Frick et al. (2004). No tópico, a seguir, é discutida a potencialidade do uso de narrativas no ensino de ciências da natureza e são apresentadas as ideias do referido autor sobre conhecimentos ambientais.

Este relato de prática educativa busca contribuir para a implementação de ações semelhantes, que ampliem os conhecimentos discutidos nas aulas de química e, ao mesmo tempo, estimulem a produção de narrativas associadas ao desenvolvimento de conhecimentos ambientais. Dessa forma, é possível fomentar atitudes críticas, essenciais para que os futuros

profissionais possam responder com criatividade e eficácia aos desafios oriundos de problemas complexos, vinculados a questões ambientais.

2. FUNDAMENTAÇÃO E CONTEXTO

2.1 Narrativas digitais no ensino de ciências da natureza

As narrativas são caracterizadas por uma sequência de ações de protagonistas, marcadas temporalmente, que conduzem a um conflito e sua resolução (Bronckart, 1999). Geralmente, essa estrutura é dividida em três atos (início, meio e fim) que correspondem à apresentação dos personagens e do contexto, ao surgimento e à escalada de um conflito, à necessidade iminente de resolução e ao desfecho. As narrativas organizam ideias de forma didática (Avraamidou & Osborne, 2009), com o objetivo de ensinar ou persuadir o leitor. Sua estrutura facilita a memorização, pois cada parte evoca a próxima, e a necessidade de resolução mantém o envolvimento do leitor.

Trabalhos de Silva e Aguiar Junior (2014) e de Zabel e Averdunk (2024) descrevem práticas educacionais no contexto das ciências da natureza que utilizam narrativas. De fato, diferentes características das narrativas as tornam atrativas para o ensino. Descritas como psicologicamente privilegiadas, as narrativas são potencialmente eficazes pois promovem um aprendizado intrínseco a partir da leitura de uma história, exigindo menos esforço cognitivo para a compreensão quando a informação ou os dados estão bem integrados ao enredo (Fisch, 2000). Ademais, tornam as informações mais memoráveis do que os textos expositivos (Negrete, 2005) e são frequentemente percebidas como mais envolventes do que outros gêneros textuais (Avraamidou & Osborne, 2009). Dessa forma, podem promover uma compreensão mais profunda de conceitos e despertar o interesse e a curiosidade sobre pautas científicas.

Outra característica das narrativas é sua capacidade de humanizar o conhecimento científico (Matthews, 2015). Ao retratar a ciência como construção humana, contextualizada social e historicamente, elas contrastam com visões estáticas e dogmáticas do saber. Essa abordagem não apenas torna os conteúdos mais atraentes e memoráveis, como também promove práticas educativas colaborativas, estimulando a troca de ideias e a cocriação de conhecimento (Maharaj-Sharma, 2022).

Dentre os diferentes formatos em que uma narrativa pode ser veiculada, como filmes, peças de teatro e textos, o formato de narrativas digitais baseia-se na ideia de que as tecnologias vêm diversificando os modos de contar histórias ao incorporar elementos multimodais que enriquecem a palavra escrita (Bedin & Cleophas, 2023). Essa mídia traz também dinamicidade à mensagem, possui um alcance ampliado e um acesso facilitado, além de situar as narrativas no cenário atual, potencializando o seu efeito engajador (Souza & Oliveira, 2021).

Na prática educativa relatada aqui, os estudantes utilizaram a plataforma online Scratch¹ como ferramenta para a criação de animações. De acesso gratuito, essa plataforma serve como um ambiente de introdução às linguagens de programação e ao pensamento computacional, apresentando uma interface visual simples que permite a criação e compartilhamento de histórias, jogos e animações digitais. Sem exigir conhecimento prévio sobre programação ou

¹ <https://scratch.mit.edu/>

familiaridade com uma linguagem específica, o Scratch utiliza blocos coloridos conectáveis para construir linhas de código que traduzem as ações da animação. Dessa forma, o Scratch contribui para a promoção do pensamento computacional, o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas, a criação de processos de ensino e aprendizagem mais dinâmicos, além de incentivar a colaboração e a equidade no ensino de computação.

2.2 Conhecimentos ambientais

Os conhecimentos ambientais incluem, segundo Frick et al. (2004), o conhecimento de sistema, conhecimento de ação e conhecimento de eficácia, definidos, sucintamente, na Tabela 1.

Tabela 1 - Conhecimentos ambientais, segundo Frick et al. (2004).

Grupo de conhecimento	Descrição
Conhecimento de sistema	Características e processos de um ecossistema
Conhecimento de ação	Possíveis ações e suas implicações frente a um problema ambiental
Conhecimento de eficácia	Diferenças entre eficácia das diversas ações frente a um problema ambiental

O *conhecimento de sistema* é definido como “saber o que”, ou seja, refere-se ao entendimento do estado de um ecossistema a partir de sua caracterização física, química, biológica e social, bem como da descrição de problemas ambientais nele presentes. O *conhecimento de ação*, por sua vez, está relacionado a “saber como”, ou seja, diz respeito ao saber como agir, ao conhecimento de novos comportamentos e ações possíveis diante de um problema ambiental. O *conhecimento de eficácia* parte do pressuposto de que diferentes ações e comportamentos possuem distintos potenciais de mudança. Esse tipo de conhecimento está relacionado aos ganhos e benefícios relativos, ou seja, à efetividade da ação, sendo considerado essencial para a implementação bem-sucedida de intervenções ou mudanças de comportamento.

Os três grupos de conhecimentos estão inter-relacionados: o conhecimento de sistema fornece subsídios para a definição das opções de ação e para a avaliação de seus efeitos e consequências, o que, por sua vez, permite a escolha da ação com maior potencial de sucesso na implementação. Uma compreensão mais ampla, capaz de levar o indivíduo a mudanças de comportamento ambientalmente mais responsáveis, só pode ocorrer quando há a mobilização desses três grupos de conhecimentos ambientais.

A análise de conhecimentos ambientais, no âmbito do ensino de química, foi relatada por Lima et al. (2022), no que diz respeito à resolução de um estudo de caso sobre resíduos sólidos urbanos junto a graduandos da área.

3. DESCRIÇÃO DA PRÁTICA EDUCATIVA E SUA IMPLEMENTAÇÃO

A prática educativa foi aplicada em uma disciplina de comunicação científica, oferecida a estudantes do curso de Bacharelado em Química do Instituto de Química de São Carlos (IQSC-USP). Esta disciplina tem como objetivo o aprimoramento da habilidade de comunicação e divulgação de conhecimentos científicos para o grande público e a leitura crítica de Artigos Originais de Pesquisa (AOP). A disciplina foi ministrada para duas turmas, totalizando a participação de 59 estudantes (27 estudantes em uma turma e 32 em outra, doravante denominadas de turma A e B). Em cada oferecimento, o docente escolhe um tema para contextualizar a prática educativa. No oferecimento em questão, a temática de tratamentos de efluentes foi selecionada, pois exige, para o seu entendimento, conhecimentos compatíveis com os dos estudantes, que estão no segundo semestre do curso.

Os estudantes foram orientados a criar narrativas digitais no formato de vídeos animados de curta duração, abordando o tratamento alternativo de efluentes industriais de forma acessível ao público em geral. Para isso, a prática educacional foi estruturada em duas etapas: a primeira, voltada à aquisição de conhecimentos químicos e ambientais, e a segunda dedicada ao desenvolvimento dos textos narrativos e à produção dos vídeos. Antes da aplicação, o docente selecionou quatro artigos originais de pesquisa (AOP) para a leitura dos estudantes, seguindo três critérios principais: tratar de uma questão genuína de pesquisa, ter sido publicado em uma revista com rigorosa política editorial e possuir extensão limitada a seis páginas (Massi et al., 2009).

Dentre os AOP utilizados na atividade, dois exploravam o uso dos POAs e dois exploravam processos de eletrocoagulação/flotação como técnicas alternativas de tratamento de efluentes. Neste trabalho são consideradas para análise somente as narrativas geradas a partir da leitura e interpretação dos AOP relacionados aos POAs: “Processo UV/H₂O₂ como pós-tratamento para remoção de cor e polimento final em efluentes têxteis”, que discute a fotólise do peróxido de hidrogênio na degradação de corantes e remoção de cor da água (Nagel-Hassamer, et al., 2012); “Aplicação de radiação UV artificial e solar no tratamento fotocatalítico de efluentes de curtume”, que apresenta a fotocatalise heterogênea do TiO₂ como uma alternativa viável para o polimento final de efluentes, especialmente com concentração de material orgânico e presença de Cr(VI) (Pascoal, et al., 2007), doravante denominados de AOP 1 e AOP 2.

Na primeira etapa, que se estendeu por sete encontros, os estudantes foram organizados em grupos de três a quatro integrantes e receberam um AOP para análise. A turma A contou com sete grupos, enquanto a turma B com oito. O processo envolveu o estudo do artigo e a produção de duas apresentações orais de, no máximo, dez minutos cada: a primeira abordando a introdução e a parte experimental do AOP e a segunda explorando o artigo completo, com ênfase nos resultados e na discussão. Essas apresentações promoveram a troca de informações entre os grupos, possibilitaram o esclarecimento de dúvidas e permitiram ao docente acompanhar a capacidade de compreensão dos estudantes sobre os assuntos abordados nos AOP. Finalizada essa etapa, iniciou-se a segunda etapa, referente à elaboração das narrativas.

A segunda etapa ocorreu ao longo de seis aulas. Inicialmente, os estudantes participaram de uma exposição teórica voltada para a escrita do gênero narrativo, na qual foram apresentados elementos essenciais para sua construção, como cenário, temporalidade, personagens e enredo. Também foi discutida a estrutura tradicional da narrativa, composta por introdução, desenvolvimento do conflito, clímax e desfecho, as diferentes perspectivas do narrador

(personagem, observador ou onisciente) e os tipos de discurso empregados (direto e indireto). Para ilustrar a aplicação desses conceitos, os estudantes analisaram exemplos de narrativas desenvolvidas a partir de outros AOP, conforme discutido no trabalho de Lima et al. (2023).

Dando continuidade ao processo, os alunos foram introduzidos ao sistema LOCK, proposto por Bell (2004), que organiza a construção de um enredo em quatro pilares fundamentais: *Lead* (protagonistas), *Objective* (metas dos protagonistas na história), *Conflict* (desafios e obstáculos enfrentados) e *Knockout ending* (desfecho marcante). Com essas informações, os grupos preencheram o Mapa da Narrativa, um instrumento elaborado pelo docente para auxiliá-los na estruturação da história, garantindo a inclusão de todos os elementos essenciais. O mapa consistia em seis questões norteadoras: (1) *Contexto* – onde e quando a história ocorre? Quem são os personagens? (2) *Problema* – qual a questão central abordada? (3) *Objetivo(s)* – qual a meta do protagonista? (4) *Solução* – como a história se desenrola? Quais desafios são superados? (5) *Ambiente* – quais conceitos ambientais são explorados? (6) *Aprendizado* – qual mensagem ou reflexão a narrativa busca transmitir?

Após a elaboração do Mapa da Narrativa, os grupos apresentaram seus planos para a turma, e receberam feedbacks sobre os pontos fortes e os aspectos a serem aprimorados. Essas discussões serviram como base para que refinassem suas narrativas antes da produção final. O próximo momento foi destinado à aproximação com as principais ferramentas de criação do Scratch. A aula foi realizada na sala de informática e teve como foco a introdução às principais funcionalidades e blocos de código disponíveis na plataforma, incluindo, adição de elementos multimídia, alterações visuais nos personagens, transições entre cenas e controle do início e término das ações.

As aulas seguintes foram dedicadas à produção das narrativas digitais. No encerramento da prática educativa, cada grupo apresentou sua animação para a turma, compartilhando o vídeo produzido. Durante todo o processo, os estudantes tiveram suporte contínuo do docente, de um pós-graduando e de um estagiário vinculado ao Programa de Aperfeiçoamento de Ensino (PAE)².

Para análise neste trabalho, foram considerados os vídeos das narrativas baseadas nos dois AOP que discutem os POAs, totalizando sete vídeos, três da turma A e quatro da turma B.

4. AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DA PRÁTICA E PRINCIPAIS RESULTADOS

A indicação do AOP que subsidiou a criação das narrativas, o resumo e o intervalo de tempo em que cada uma delas se passa, assim como o endereço eletrônico para acesso do vídeo encontram-se na Tabela 2.

² <https://sites.usp.br/ppgbi/estagio-pae/>

Tabela 2 - AOP de referência, tempo de duração, endereço eletrônico e resumo das narrativas.

Texto	AOP	Tempo (mm:ss)	Endereço Eletrônico	Resumo
N1	1	06:20	scratch.mit.edu/projects/921954063/	A cidade de Celestópolis sofre com escassez de água. A química Luíza estuda o tratamento via POAs de um rio contaminado.
N2	2	03:40	scratch.mit.edu/projects/931733820/	O professor “Crômio” relata à classe que denunciou a contaminação do rio da cidade por Cr(VI) e propõe recuperá-lo por meio de POAs.
N3	2	11:20	scratch.mit.edu/projects/920459751/	Após superar uma doença grave, Miguel descobre que a contaminação de um rio pode ter sido a causa. Ele estuda o uso de POAs para mitigá-la.
N4	1	09:00	scratch.mit.edu/projects/930723250/	A peixinha Molly, após seus amigos adoecerem, investiga a causa da poluição de seu lar. Ao encontrar Eliza, usam POAs para tratar a fonte de poluição.
N5	2	05:25	scratch.mit.edu/projects/929352293/	Murilo adocece após beber água contaminada e descobre que a cientista Júlia pretende aplicar POAs para tratar a água da cidade.
N6	1	02:40	scratch.mit.edu/projects/939838258/	Estudantes discutem um artigo sobre tratamento de água via POAs e decidem coletar assinatura para compor um abaixo-assinado, que solicita a mudança no tipo de tratamento atualmente empregado.
N7	2	07:50	scratch.mit.edu/projects/939526069/	Bento descobre que sua irmã adoeceu depois de brincar no rio. Ele convence a química da empresa responsável pela contaminação a iniciar um tratamento via POAs e despoluir a água.

Nas narrativas criadas a partir do AOP 1, o corpo d’água afetado é um rio em N1 e o mar em N4. Os indícios de contaminação incluem coloração turva e presença de sólidos na água, o que impede a captação do rio para consumo e provoca o adoecimento da vida marinha e das algas. Em ambas as narrativas, o protagonista enfrenta o desafio de desenvolver uma nova técnica de tratamento que atenda às exigências específicas de cada contexto. A narrativa N6 se diferencia das demais, pois, enquanto as outras retratam os problemas ambientais dos AOP de referência como desafios vividos pelos personagens, essa narrativa apresenta estudantes discutindo o conteúdo do AOP de forma informal na universidade. O problema central, na N6, não está na contaminação em si, mas no desafio de convencer a população a apoiar a obrigatoriedade de um processo adicional no tratamento de efluentes industriais.

As narrativas baseadas no AOP 2 descrevem um rio contaminado. Em N2, os principais indícios de poluição incluem um grande número de peixes mortos e, assim como nas demais narrativas, o adoecimento de várias pessoas da cidade que tiveram contato com a água do rio. Além disso, N2 especifica um alto índice de câncer entre a população que vive ao redor do rio. Nas narrativas N2, N3 e N7, a maior barreira para a implementação dos novos processos de tratamento é a resistência dos donos das empresas, que priorizam questões econômicas.

Em N5, o destaque está na cientista, que, motivada pelos problemas de saúde da população, busca formas alternativas de tratamento. O foco das narrativas em questões de saúde pública, pode estar, em parte, associada com o enfoque dado à remoção do Cr(VI) dos efluentes de curtume e seu grande risco ao meio ambiente e à saúde.

A análise das narrativas digitais possibilitou a identificação de conhecimentos ambientais desenvolvidos pelos estudantes ao longo do processo de produção. A Tabela 3 ilustra os grupos de conhecimentos mobilizados e exemplos de trechos retirados das narrativas de cada um deles.

No que se refere ao conhecimento de sistema, todos os grupos demonstraram o entendimento da questão ambiental retratada nos AOP. Os trechos das narrativas apresentadas pelos grupos N1 e N4 descrevem o sistema, ou seja, a água contaminada, abordando suas características químicas, físicas e biológicas. Em seguida, dão sequência às narrativas discutindo as implicações da contaminação no meio ambiente. O trecho do grupo N5 destaca o significado de efluentes e faz uma analogia ressaltando a necessidade de tratamento de águas residuais.

Os grupos também contribuem para a caracterização do sistema ao descreverem as consequências sociais do desequilíbrio ambiental causado pela contaminação. Em N1, a contaminação de um rio agrava os problemas de acesso à água pela população. Em N2, a morte de peixes e as dificuldades econômicas representam os principais desafios enfrentados pela comunidade. Já nas narrativas N3, N4, N5 e N7, a contaminação das águas causa diversos problemas de saúde para aqueles que tiveram contato com ela.

Tabela 3 - Trechos retirados das narrativas digitais e os conhecimentos ambientais mobilizados.

Grupo de conhecimento	Exemplos
	<p>“...Ainda foi possível encontrar uma água levemente turva, com sólidos suspensos, uma coloração diferente causada pela presença de corantes na água que não foram decompostos durante o tratamento...” - N1</p>
Conhecimento de sistema	<p>“...o maior problema causado pela técnica antiga de tratamento biológico, era água permanecer turva e com coloração, o que afetava a produção de fotossíntese das algas partes dos corais da Baía de Babitonga. Isso prejudicava a qualidade de vida de todo o ecossistema aquático, pois afetava a teia alimentar desde a produção primária.” - N4</p>
	<p>“Efluentes são sobras de algum processo de fabricação de um produto. Ou seja, é como se fosse o “lixo” de uma casa, que precisa ser separado e cuidado para ser descartado corretamente.” - N5</p>

Grupo de conhecimento	Exemplos
Conhecimento de ação	“Luiza começa a pesquisar sobre novos métodos de tratamento, e encontrou uma proposta que vem sendo estudada e aplicada no tratamento e purificação de águas de abastecimento e de águas residuárias, onde ocorre a associação de processos biológicos e processos de oxidação avançada, que seria o uso de peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂) e radiação ultravioleta (UV)” - N1
	“...logo fui recolher amostras da água para fazer análises quando voltasse para faculdade...” - N2
	“Estava estudando e acho que acrescentar uma nova etapa do processo seria o ideal para limpar a água descartada! Pensei que esse novo processo deve ser um POA.” - N5
Conhecimento de eficácia	“Devemos lembrar que o cuidado com os recursos naturais é a chave para um futuro onde a água seja abundantemente preservada e utilizada de maneira responsável” - N1
	“Animado com suas descobertas, Miguel propõe a Sr. Ramon a implementação da fotocatalise heterogênea, destacando a eficácia do processo na degradação de compostos tóxicos. Ele sugere o uso de energia UV artificial e solar como catalisadores para acelerar a decomposição dos poluentes.” - N3
	“É nosso dever manter o equilíbrio dos ecossistemas. Podemos e devemos acreditar no poder da ciência para encontrar meios para isso.” - N4

O conhecimento relacionado à ação também foi observado nas narrativas de todos os grupos. O trecho do grupo N2 demonstra preocupação em analisar o sistema para investigar o que pode estar causando a poluição daquele corpo d'água. Enquanto, nos trechos dos grupos N1 e N5 nota-se que os estudantes demonstram a necessidade de pesquisar possíveis ações para resolver o problema da poluição da água. Dessa forma, propõe novos métodos e novas etapas, além das convencionais, como formas de tratamento mais eficazes.

São articuladas nas narrativas duas ações frente ao problema ambiental a ser enfrentado, sendo os POAs descritos nos AOP e o tratamento convencional, por via biológica. Nas narrativas N2, N3, N4 e N7, os antagonistas, donos das indústrias, demonstram relutância em implementar os POAs propostos, justificando que já realizam tratamento biológico. Diante dos indícios e das consequências da contaminação, novas ações devem ser tomadas pelos protagonistas para garantir a eficiência no tratamento específico daquele efluente. Essas narrativas evidenciam a estreita relação entre os três tipos de conhecimento, pois não é possível aplicar uma ação sem avaliar sua eficácia.

Na Figura 1, os quadros dos vídeos (a) e (b) ilustram como a narrativa N4 aborda a formação de radicais hidroxila a partir do peróxido de hidrogênio e da luz UV, promovendo a remoção da turbidez da água. Já a Figura 1(c), extraída da narrativa N5, apresenta um teste de eficiência de POAs na remoção de Cr(VI). O grupo responsável por essa narrativa, explorando a

liberdade de criação das animações, organizou os testes de eficiência em tabelas construídas a partir das informações do AOP e inseridas no Scratch, evidenciando o potencial de enriquecimento das narrativas digitais.

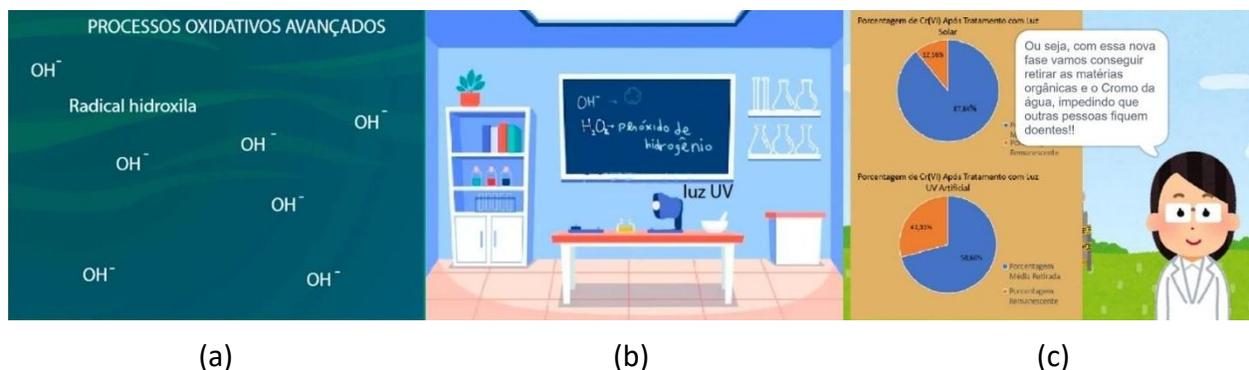


Figura 1 Quadros dos vídeos das narrativas N4 (a) e (b) e N5 (c), que ilustram o uso dos POAs e sua eficiência no tratamento do efluente. Fonte: scratch.mit.edu/projects/930723250/ e scratch.mit.edu/projects/929352293/

No que tange ao conhecimento de eficácia, todos os grupos também apresentaram informações nas suas narrativas indicando que esse conhecimento foi mobilizado no processo de sua produção. O trecho do grupo N3 ressalta que a implementação da fotocatalise heterogênea é eficaz no processo de degradação de compostos tóxicos. Os trechos dos grupos N1 e N4 enfatizam que ações e alterações de comportamentos (lembrar do cuidado com os recursos naturais; acreditar na ciência) podem auxiliar na preservação dos recursos hídricos.

As narrativas N1, N3, N4 e N5 discutem em seu enredo a eficiência na remoção de parâmetros indesejados da água do tratamento biológico e com uso de POAs, como evidenciados pelos trechos de N3 e N4, respectivamente: “Professora, não estou conseguindo diminuir os níveis de cromo e material orgânico dessa amostra. Já fiz o processo de tratamento primário e secundário: coagulação, floculação, decantação, aplicação de lodo ativado. Mas eles ainda se mantêm altos.” e “Nos ensaios realizados com concentrações de H₂O₂ de 200, 250, 350 e 500 mg L⁻¹, a eficiência de remoção após 1 h de irradiação UV foi praticamente a mesma, aproximadamente 96%.”.

É válido ressaltar que a diversidade de cenários e personagens na biblioteca interna do Scratch, somado à capacidade de adicionar arquivos externos e editá-los dentro da plataforma permitiu que os estudantes fizessem a transferência de ideias, conceitos e imagens dos AOP para as narrativas digitais, de forma dinâmica e criativa. A título de exemplo, na Figura 2 são apresentados quadros de vídeos extraídos das narrativas digitais dos grupos N5, N2 e N6, que estão associados aos diferentes grupos de conhecimentos ambientais mobilizados no processo de construção dessas narrativas: conhecimento de sistema, conhecimento relacionado à ação e conhecimento de eficácia, respectivamente.



Figura 2 Quadros de vídeos extraídos das narrativas digitais relacionados aos conhecimentos ambientais mobilizados, (a) conhecimento de sistema, (b) conhecimento relacionado à ação e (c) conhecimento de eficácia.

Fonte: scratch.mit.edu/projects/929352293/; scratch.mit.edu/projects/931733820/ e scratch.mit.edu/projects/939838258/

No quadro (a), a personagem descreve as características do cromo hexavalente, destacando que existe um problema ambiental, ou seja, a toxicidade para os seres humanos. No quadro (b) é evidente que os estudantes sugerem a utilização da legislação como uma possível ação diante do problema ambiental. Nesse contexto, o proprietário se recusou a investir no tratamento da água residual da sua fábrica, sendo denunciado e autuado. Enquanto que no quadro apresentado em (c), sugere-se uma mudança de comportamento do personagem frente a uma compreensão mais ampla do problema ambiental. Após verificar em fontes seguras, como artigos científicos, que empresas, comprovadamente, descartam resíduos tóxicos na natureza, a personagem decide criar um abaixo-assinado para alterar a legislação que regulamenta o descarte industrial.

Nos quadros de vídeo extraídos da narrativa do grupo N1, destacados na Figura 3, é possível perceber a inter-relação entre os três grupos de conhecimento. Em (a), a informação de que, em função da escassez de chuvas e o elevado consumo de água, será realizado racionamento, fornece subsídios para definir as opções de ação. Em (b), é evidenciado que a ação tomada foi investigar a possibilidade de realizar tratamentos convencionais para eliminar os contaminantes do “Rio Esmeralda”, tendo em vista a sua utilização e, assim, evitar o racionamento. Contudo, os resultados obtidos não foram satisfatórios, o que levou a personagem principal a buscar a melhor alternativa para implementá-la. Em (c), sugere-se que foram realizadas pesquisas e análises em busca do tratamento de água mais adequado para descontaminar o “Rio Esmeralda”.

O melhor resultado dos estudos realizados apontou para a utilização de peróxido de hidrogênio, na concentração de 250 mg/L, associado a um processo fotoquímico. Dessa forma, o conhecimento de sistema forneceu uma base necessária para o conhecimento relacionado à ação e o conhecimento de eficácia. Enquanto, o conhecimento relacionado à ação, por sua vez, também influenciou o conhecimento de eficácia (Frick, et al., 2004).

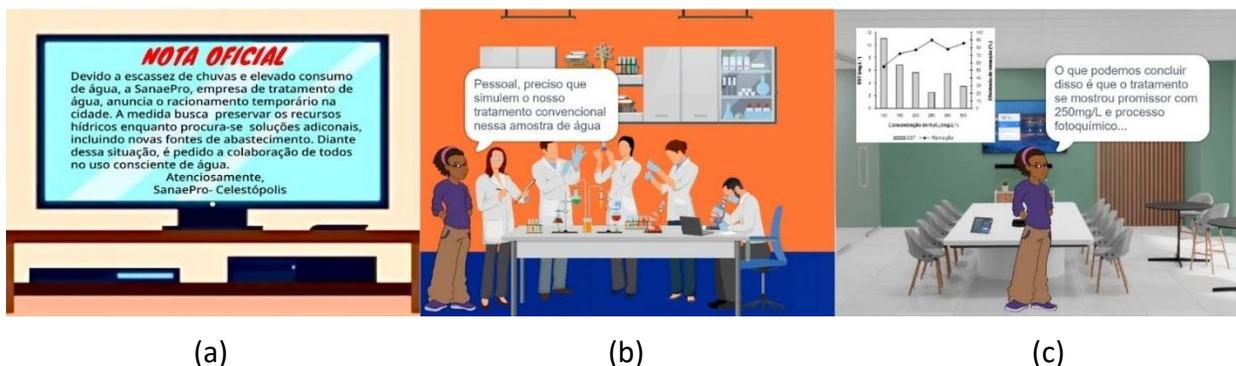


Figura 3 Quadros de vídeo extraídos da narrativa digital do grupo N1 e a inter-relação dos conhecimentos ambientais mobilizados, (a) conhecimento de sistema, (b) conhecimento relacionado à ação e (c) conhecimento de eficácia. Fonte: scratch.mit.edu/projects/921954063/

É importante destacar que, embora todos os grupos tenham participado efetivamente com apresentação de narrativas criativas, que demonstraram o desenvolvimento dos três grupos de conhecimento ambiental, nenhum deles propôs um método de tratamento de água diferente do proposto nos AOP. Dessa maneira, todos os grupos enfatizaram o uso dos POAs como desfecho para solucionar a questão ambiental retratada em cada narrativa.

5. CONCLUSÃO E IMPLICAÇÕES

Este estudo descreveu a aplicação de uma prática educativa voltada à promoção da aquisição de conhecimentos ambientais relacionados aos POAs, por meio da criação de narrativas direcionadas a um público amplo. A abordagem adotada buscou não apenas facilitar a compreensão conceitual dos POAs, mas também estimular o engajamento dos participantes na construção de conhecimentos científicos de forma acessível e contextualizada.

No que se refere à aquisição de conhecimentos ambientais sobre os POAs, todas as narrativas desenvolvidas mobilizaram os conhecimentos de sistema, de ação e de eficácia, demonstrando que os estudantes conseguiram articular esses diferentes grupos. A integração desses três tipos de conhecimento sugere uma apropriação dos conceitos abordados pelos AOP, mostrando o potencial das narrativas digitais como ferramentas pedagógicas para ampliar os níveis de aprendizagem sobre águas residuais industriais e os POAs.

Como destacam Avraamidou e Osborne (2009), as narrativas são veículos poderosos para transmitir conhecimento científico e cultural, podendo transformar percepções individuais. Frick et al. (2004) corroboram essa visão, mostrando que abordagens que integram diferentes conhecimentos ambientais ampliam a compreensão dos problemas e estimulam atitudes mais ambientalmente responsáveis. De fato, Reyes e Villanueva (2024) relatam que o uso de narrativas permite uma conexão mais profunda entre o conhecimento científico e a criatividade, curiosidade e o esforço humano, promovendo uma aprendizagem mais profunda e enriquecendo a experiência dos estudantes.

A escolha, por parte do docente, de solicitação das narrativas no formato digital incorporou elementos multimodais que enriquecem tanto o enredo quanto a forma de contar a história. Dessa forma, ferramentas tecnológicas como o Scratch se mostram poderosas aliadas

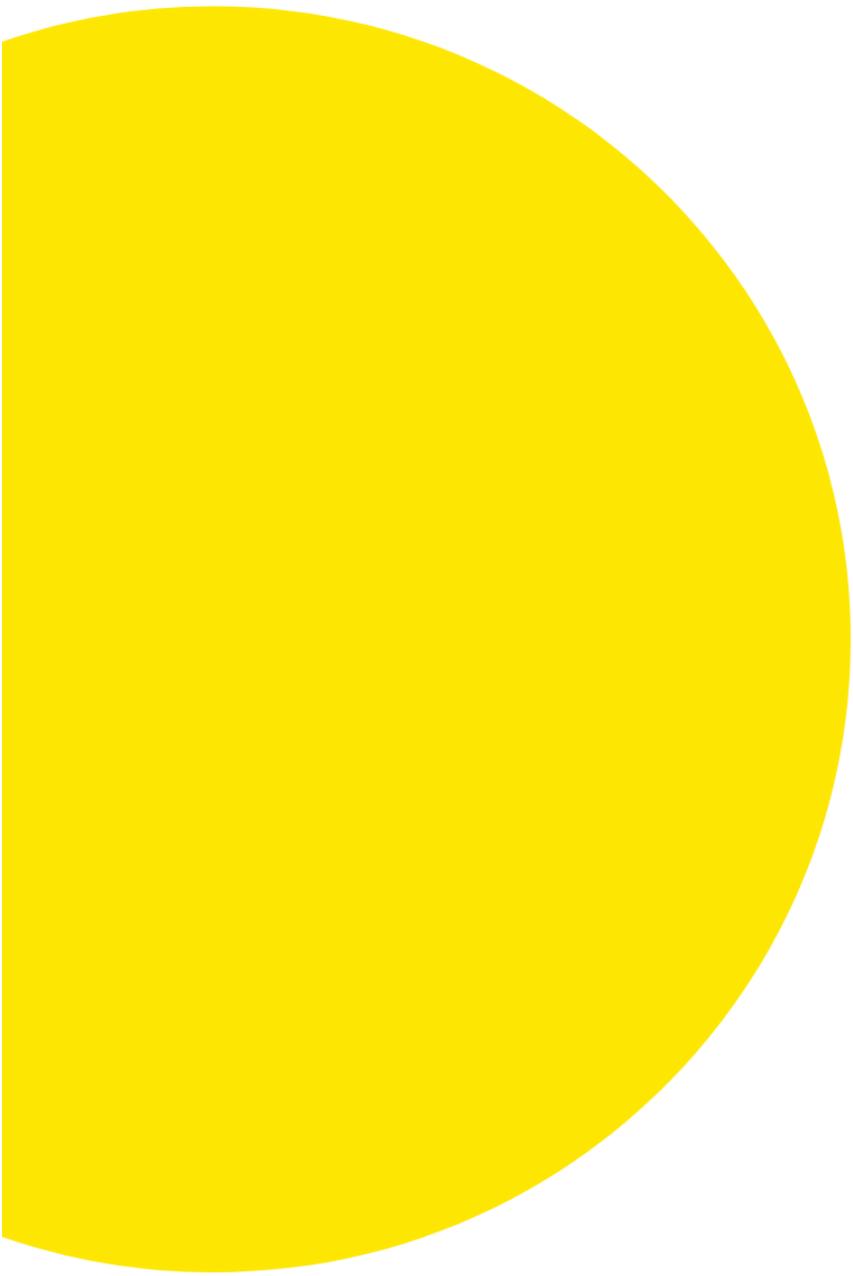
das práticas educativas que buscam adaptar formatos clássicos de comunicação a um cenário contemporâneo, estimulando a criação e o engajamento tanto dos estudantes quanto dos leitores com as mensagens transmitidas. Porém algumas dificuldades emergiram durante o processo. As principais dificuldades incluíram sincronização entre áudio e falas, transição entre personagens e cenários e a inserção de falas de narração.

Portanto, este relato busca ampliar os recursos disponíveis para práticas educativas capazes de promover uma compreensão abrangente de questões ambientais e desenvolver habilidades para a tomada de decisões conscientes frente a problemas reais. A utilização de ferramentas digitais, especificamente o Scratch, contribui para entendimento de linguagem computacional e moderniza as narrativas, tornando-as mais atraentes. No entanto, novos desafios relacionados à adoção dessa tecnologia surgem, apontando a necessidade em pesquisas futuras, do emprego de instrumentos que permitam identificar com maior precisão tanto as dificuldades encontradas pelos estudantes quanto o nível de aceitação desse recurso no contexto educacional.

REFERÊNCIAS

- Avraamidou, L., & Osborne, J. (2009). The role of narrative in communicating science. *International Journal of Science Education*, 31(12), 1683-1707. <https://doi.org/10.1080/09500690802380695>
- Bedin, E., & Cleophas, M. G. (2023). Storytelling como ferramenta educativa eficaz no ensino de história da química. *Alexandria*, 16(2), 355-382. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2023.e90867>
- Bell, J. S. (2004). *Plot & structure: techniques and exercises for crafting a plot that grips readers from start to finish*. Ohio: Writer's Digest Books.
- Bronckart, J. P. (1999). *Atividade de linguagem, textos e discursos: por um interacionismo sócio-discursivo*. São Paulo: EDUC.
- Bux, N., Tumrani, S. H., Soomro, R. A., Ma, Q., Zhou, J., & Wang, T. (2025). Catalytic degradation of organic pollutants in aqueous systems: A comprehensive review of peroxyacetic acid-based advanced oxidation processes. *Journal of Environmental Management*, 373, 1-22. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.123989>
- Engel, A., Lucido, K., & Cook, K. (2018). Rethinking narrative: leveraging storytelling for science learning. *Childhood Education*, 94(6), 4-12.
- Fisch, S. M. (2000). A capacity model of children's comprehension of educational content on television. *Media Psychology*, 2(1), 63-91. https://doi.org/10.1207/S1532785XMEP0201_4
- Frick, J., Kaiser, F. G., & Wilson, M. (2004). Environmental knowledge and conservation behavior: exploring prevalence and structure in a representative sample. *Personality and Individual Differences*, 37(8), 1597-1613. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2004.02.015>
- Lima, M. S., Oliveira, I. M., & Queiroz, S. L. (2022). Estudo de caso interrompido na promoção de conhecimento ambiental de graduandos em química: resíduos sólidos urbanos em foco. *Química Nova na Escola*, 44(2), 149-159. <https://doi.org/10.21577/0104-8899.20160305>
- Lima, M. S., Pozzer, L., & Queiroz, S. L. (2023). Use of interrupted case studies to teach scientific communication: examples from the effects of mining on water resources in Brazil. *Journal of Chemical Education*, 100(2), 722-731. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c01146>
- Madhavan, J., Theerthagiri, J., Balaji, D., Sunitha, S., Choi, M. Y., & Ashokkumar, M. (2019). Hybrid Advanced Oxidation Processes Involving Ultrasound: An Overview. *Molecules*, 24(18), 3341. <https://doi.org/10.3390/molecules24183341>

- Maharaj-Sharma, R. (2022). Using storytelling to teach a topic in physics. *Education Inquiry*, 15(2), 227-246. <https://doi.org/10.1080/20004508.2022.2092977>
- Massi, L., Santos, G. R., Ferreira, J. Q., & Queiroz, S. L. (2009). Artigos científicos como recurso didático no ensino superior de química. *Química Nova*, 32(2), 503-510. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000200039>
- Matthews, M. R. (2015). *Science teaching: the contribution of history and philosophy of science* (20th anniversary revised and expanded edition). Oxford: Routledge.
- Nagel-Hasssermer, M. E., Coral, L. A., Lapolli, F. R., & Amorim, M. T. S. P. (2012). Processo UV/H₂O₂ como pós-tratamento para remoção de cor e polimento final em efluentes têxteis. *Química Nova*, 35(5), 900-904. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422012000500007>
- Negrete, A. (2005). Facts via Fiction: Stories that Communicate Science. In N. Sanitt, *Motivating Science: Science communication from a philosophical, educational and cultural perspective* (pp. 95-102). Luthon. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.5110.1207>
- Pascoal, S. A., Lima, C. A., Sousa, J. T., Lima, G. C., & Vieira, F. (2007). Aplicação de radiação UV artificial e solar no tratamento fotocatalítico de efluentes de curtume. *Química Nova*, 30(5), 1082-1087. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000500006>
- Reyes, R. L., Villanueva, J. A. (2024). Narrative-Based concept representations: fostering visual cognition in the introductory chemistry classroom. *Journal of Chemical Education*, 101, 1106-1119. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c01151>
- Silva, N. S., & Aguiar Junior, O. G. (2014). A estrutura composicional dos textos de estudantes sobre ciclos de materiais: evidências de uso e apropriação da linguagem científica. *Ciência & Educação*, 20(4), 801-816. <https://doi.org/10.1590/1516-7313201400040000>
- Souza, M. F., & Oliveira, S. R. (2021). Um olhar para as pesquisas sobre o uso de vídeo no ensino de matemática. *Educação Matemática Pesquisa*, 23(2), 245-277. <https://doi.org/10.23925/1983-3156.2021v23i2p245-277>
- Trojanowicz, M. (2020). Removal of persistent organic pollutants (POPs) from waters and wastewaters by the use of ionizing radiation. *Science of the Total Environment*, 718, 134425. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134425>
- Uluçtan, P. S., Eroğlu, H. A., Kadioğlu, E. N. & Akbal, F. (2025). Decolorization of Acid Red 337 dye with hydroxyl and sulfate radical based advanced oxidation processes using different iron Catalyst: An experimental and statistical Investigation. *Journal of Photochemistry and Photobiology a Chemistry*, 459(1), 116105. <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2024.116105>
- Yang, H., Lee, C.-G., & Lee, J. (2025). Piezocatalysis-combined advanced oxidation processes for organic pollutant degradation in water system. *Ultrasonics Sonochemistry*, 113, 107219–107219. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2024.107219>
- Zabel, J., & Averdunk, C. (2024). The potencial of narrative for understanding protein biosynthesis in the context of viral infections. *Education Sciences*, 14(5), 1-29. <https://doi.org/10.3390/educsci14050521>
- Zhu, Z.-S., Wang, P., Liu, Y., Zhong, S., Duan, X., & Wang, S. (2025). Microenvironment modulation of carbon-based single-atom catalysts for advanced oxidation processes. *Environmental Functional Materials*. <https://doi.org/10.1016/j.efmat.2025.01.002>



ARTICULAÇÃO ENTRE
INVESTIGAÇÃO & PRÁTICAS
EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS,
MATEMÁTICA E TECNOLOGIA

S3

—

ARTICULATION BETWEEN
RESEARCH AND PRACTICES IN
SCIENCE, MATHEMATICS AND
TECHNOLOGY EDUCATION

S3

Esta Secção procura, através de vários modelos de colocar investigadores e profissionais a refletir sobre a articulação entre investigação e práticas educativas, contribuir para novas agendas de investigação e práticas educativas na Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia.

This Section aims, through various models of engaging researchers and professionals in reflecting on the articulation between research and educational practices, to contribute to new research agendas and educational practices in Science, Mathematics and Technology Education.

Esta Sección busca, a través de diversos modelos de colocación de investigadores y profesionales para reflexionar sobre la articulación entre la investigación y las prácticas educativas, contribuir a nuevas agendas de investigación y prácticas educativas en la Educación en Ciencias, Matemáticas y Tecnología.

TRABALHO EXPERIMENTAL COM SMARTPHONES: DESAFIOS, OPORTUNIDADES E PERSPECTIVAS PARA A INVESTIGAÇÃO E ENSINO EM CIÊNCIAS FÍSICAS

EXPERIMENTAL WORK WITH SMARTPHONES: CHALLENGES, OPPORTUNITIES AND PROSPECTS FOR RESEARCH AND TEACHING IN THE PHYSICAL SCIENCES

TRABAJO EXPERIMENTAL CON SMARTPHONES: DIFICULTADES, OPORTUNIDADES Y PERSPECTIVAS PARA LA INVESTIGACIÓN Y LA DOCENCIA EN CIENCIAS FÍSICAS

Elisa Saraiva^{1,2,3}, Carlos Saraiva⁴, Albino Rafael Pinto⁵, Marco Naia⁶ & J. Bernardino Lopes^{6,7}

¹Agrupamento de Escolas D. Maria II, Famalicão, Portugal

²Escola Superior de Educação, Politécnico do Porto, Portugal

³InED – Centro de investigação e Inovação em Educação, ESE, Politécnico do Porto, Portugal

elisasaraiva@ese.ipp.pt

⁴Agrupamento de Escolas de Trancoso, Portugal

carlos.saraiva1@gmail.com

⁵Agrupamento de Escolas da Lixa, Felgueiras, Portugal

albinorafaelpinto@gmail.com

⁶Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal

duarte@utad.pt, blopes@utad.pt

⁷CIDTFF-Centro de Investigação em Didática e Tecnologia na Formação de Formadores, Portugal

RESUMO | Este trabalho resulta de uma mesa-redonda online, que reuniu professores, investigadores e editores da APeDuC Revista, tendo como ponto de partida o artigo "A *phyphox* no estudo do movimento vertical de queda e de ressalto de uma bola", de Albino Rafael Pinto e Carlos Saraiva, publicado na Gazeta de Física em 2023. O artigo descreve uma proposta didática para o estudo do movimento vertical usando a aplicação gratuita *phyphox* em telemóveis, como alternativa prática para a atividade laboratorial do 10.º ano. A conversa foi orientada em torno de três questões/momentos: (i) análise do contexto, motivação e impacto da proposta; (ii) identificação de cuidados e dificuldades na implementação de atividades experimentais com tecnologias móveis de baixo custo; (iii) reflexão sobre o apoio da comunidade científica à integração pedagógica das tecnologias, garantindo rigor científico e o desenvolvimento de competências dos alunos e professores. Durante cerca de uma hora, a discussão centrou-se na integração de tecnologias digitais no ensino experimental da Física, nos desafios da sua operacionalização em sala de aula e nas estratégias para promover para assegurar o rigor científico e didático. Foram também apontadas novas linhas de investigação, como a avaliação do impacto destas práticas nas aprendizagens dos alunos, o papel da mediação do professor e o desenvolvimento de competências relacionadas com a análise crítica de dados experimentais. A mesa-redonda evidenciou a necessidade de reforçar a articulação entre prática pedagógica e investigação em educação em ciências, visando uma aprendizagem significativa, inovadora e alinhada com o desenvolvimento de competências digitais.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino Experimental, Educação em Ciências Físicas, Formação de Professores, Tecnologias Móveis, *phyphox*.

ABSTRACT | This paper reports on an online roundtable discussion that brought together teachers, researchers, and editors from APEDUC Revista, using as its starting point the article "The *phyphox* in the Study of Vertical Motion in the Fall and Rebound of a Ball", authored by Albino Rafael Pinto and Carlos Saraiva, and published in the *Gazeta de Física* in 2023. The article presents an educational proposal for the study of vertical motion employing the free mobile application (*phyphox*) offering a practical and accessible alternative to the traditional 10th-grade laboratory activities. The discussion was structured around three key topics: (i) the analysis of the context, motivation, and potential impact of the proposed approach; (ii) the identification of the main challenges and precautions associated with the implementation of experimental activities using low-cost mobile technologies; and (iii) a reflection on how the scientific community can support teachers in the pedagogical and didactic integration of digital technologies, ensuring both scientific rigor and the development of essential competencies in students and teachers. During about one hour one hour, participants focused on the integration of digital technologies in experimental physics teaching, the practical challenges of classroom implementation, and strategies to ensure didactic and scientific robustness. The discussion also identified new research directions, such as evaluating the impact of these practices on student learning, examining the role of teacher mediation, and fostering the development of competencies related to the critical analysis of experimental data. The roundtable highlighted the pressing need to strengthen the linkage between pedagogical practice and research in science education, with the ultimate goal of promoting meaningful, innovative learning that is aligned with the development of digital competencies for both teachers and students.

KEYWORDS: Experimental Teaching, Science Physics Education, Teacher Training, Mobile Technologies, *phyphox*.

RESUMEN | Este trabajo surge de una mesa redonda en línea que reunió a profesores, investigadores y editores de la revista APEDUC, tomando como punto de partida el artículo "La *phyphox* en el estudio del movimiento vertical de caída y rebote de una pelota", de Albino Rafael Pinto y Carlos Saraiva, publicado en la *Gazeta de Física* en 2023. El artículo describe una propuesta didáctica para el estudio del movimiento vertical utilizando la aplicación gratuita *phyphox* en teléfonos móviles, como alternativa práctica para la actividad de laboratorio del décimo grado. La conversación se estructuró en torno a tres ejes principales: (i) análisis del contexto, la motivación y el impacto de la propuesta; (ii) identificación de precauciones y dificultades en la implementación de actividades experimentales con tecnologías móviles de bajo costo; y (iii) reflexión sobre el apoyo de la comunidad científica en la integración pedagógica de las tecnologías, asegurando el rigor científico y el desarrollo de competencias en estudiantes y profesores. Durante aproximadamente una hora, la discusión se centró en la integración de tecnologías digitales en la enseñanza experimental de la Física, en los desafíos de su implementación en el aula y en las estrategias para promover y garantizar el rigor científico y didáctico. Asimismo, se señalaron nuevas líneas de investigación, como la evaluación del impacto de estas prácticas en el aprendizaje de los estudiantes, el papel de la mediación docente y el desarrollo de competencias relacionadas con el análisis crítico de datos experimentales. La mesa redonda puso de manifiesto la necesidad de reforzar la articulación entre la práctica pedagógica y la investigación en educación científica, con el objetivo de fomentar un aprendizaje significativo, innovador y alineado con el desarrollo de competencias digitales.

PALABRAS CLAVE: Enseñanza Experimental, Educación en Física, Formación de Profesores, Tecnologías Móviles, *phyphox*.

1. INTRODUÇÃO

A APEDuC Revista tem como foco central a educação científica, matemática e tecnológica, em contextos formais e não formais, valorizando de igual modo a investigação e a prática fundamentada nestas áreas, bem como a articulação entre ambas. A Secção 3 da revista constitui um espaço de concretização do encontro entre a prática e a investigação em Ciências. Uma das formas de promover essa articulação é a realização de mesas-redondas online, nas quais professores e investigadores são convidados a lançar um olhar crítico e partilhado sobre uma mesma realidade, incentivando o diálogo entre prática e investigação em Educação em Ciências. Para além deste espaço de reflexão conjunta, centrado no tema proposto como (pre)texto do artigo, pretende-se ainda reunir contributos para a definição de uma agenda comum para a investigação e a prática em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia.

Este modelo de encontro entre investigadores e professores das áreas da Ciência, Matemática e Tecnologia tem vindo a ser promovido desde o volume V1N1 da revista. No entanto, apenas assumiu este modelo baseado em entrevista ou mesa-redonda, a partir do seu volume V2, N1 (Paixão et al., 2021) sendo aperfeiçoado e melhorado desde então, tal como se observa nos números que se seguiram (Antonatou et al., 2024; Araújo et al., 2024; Baptista et al., 2022; De-Carvalho et al., 2022; Galvão et al., 2021; Joglar-Prieto et al., 2022; Nolla et al., 2023; Saraiva et al., 2023). À semelhança do que se observa em alguns desses textos (e.g., Saraiva et al., 2023), o ponto de partida, que serve de pré(texto), é um artigo centrado nas práticas de educação em ciências físicas, em concreto, uma proposta didática para o estudo do movimento vertical de queda e ressaltado de um corpo, onde se recorre a uma aplicação gratuita para telemóveis, a *phyphox* (RWTH-Aachen, 2016). A proposta dos autores (Pinto & Saraiva, 2023b) apresenta a aplicação *phyphox* como alternativa para a captura de dados durante uma atividade laboratorial do 10.º ano, plenamente integrada nas aprendizagens essenciais da disciplina de Física e Química A, onde os alunos têm de “analisar situações do quotidiano sob o ponto de vista da conservação ou da variação da energia mecânica, identificando transformações de energia e transferências de energia” (DGE, 2018a, p. 13).

A relação entre a prática em educação e a investigação em educação tem uma longa história (Wyse et al., 2021). A colaboração sustentada entre ambos os tipos de profissionais, em torno de uma agenda negociada, numa cultura de competência complementar, é algo que se apresenta como muito promissor, tal como é argumentado por Kelchtermans (2021). Nesta mesa-redonda, quisemos ensaiar essas formas de colaboração e, tendo em conta o diálogo e a partilha de práticas e experiências que dela resultou, ficou evidente a proximidade e o esforço por encontrar pontos de encontro, para além dos propostos neste debate. A discussão que se gerou foi muito para além da temática proposta como ponto de partida e permitiu identificar pontes (de ligação) e pontos (de encontro) que possibilitem a ambas, investigação e prática, contribuir para uma educação em ciências físicas promotora de uma aprendizagem mais significativa, rigorosa, crítica e apoiada na integração eficaz das tecnologias digitais nas práticas experimentais.

A mesa-redonda decorreu online, no dia 10 de abril de 2025, e teve como ponto de partida o artigo “A *phyphox* no estudo do movimento vertical de queda e de ressaltado de uma bola”, de Albino Rafael Pinto e Carlos Saraiva, publicado na Gazeta de Física em 2023, (Pinto & Saraiva, 2023b). Neste artigo, tal como em outros trabalhos que os autores têm vindo a desenvolver (Pinto & Saraiva, 2021, 2023a), destaca-se o potencial educativo do uso integrado de tecnologias digitais móveis na prática experimental, evidenciando-se a sua contribuição para a democratização do

acesso a atividades laboratoriais, o rigor na recolha e tratamento de dados, a promoção da autonomia e do pensamento crítico dos alunos, bem como uma aprendizagem mais profunda e significativa dos conceitos de física. Ao ancorar as atividades em contextos reais e materiais de baixo custo, e ao enfatizar a importância da familiarização dos alunos com as ferramentas digitais, os autores mostram que é possível construir pontes sólidas entre a prática pedagógica quotidiana e as exigências de uma educação científica contemporânea, mais crítica, mais reflexiva e mais próxima da realidade dos estudantes.

Estiveram presentes nesta mesa-redonda, o Editor da APEDUC Revista que possui uma larga experiência como docente de ciências físicas no ensino superior e investigador em educação em ciências, uma Editora Assistente, que leciona ciências físicas no ensino básico e secundário, um investigador convidado, com larga experiência em física experimental e um dos autores do artigo que deu o mote ao debate. O outro autor do artigo sobre o uso da aplicação móvel *phyphox*, por impossibilidade de participar na mesa-redonda, colaborou na discussão que conduziu ao texto final deste artigo. Os dois editores da APEDUC Revista presentes na mesa-redonda, além de moderarem o debate, dada a sua experiência no ensino, formação de docentes e investigação na área das ciências físicas, contribuíram igualmente para discussão.

A mesa-redonda foi estruturada em três momentos distintos, cada um guiado por uma pergunta central previamente partilhada com todos os participantes. Após uma breve introdução de cerca de 10 minutos, durante a qual os intervenientes se apresentaram e partilharam aspetos do seu percurso pessoal, académico e profissional, foram colocadas questões (em alguns casos com questões auxiliares) que serviram de base para orientar cada etapa do debate:

- Questão 1 – a) Quais as ideias principais apresentadas no artigo “A *phyphox* no estudo do movimento vertical de queda e de ressalto de uma bola”? b) Qual o seu contexto, motivação, relevância e potencial impacto desta proposta?

O autor Carlos Saraiva começou por explicar que o artigo foi elaborado em coautoria com Albino Pinto, ambos professores de Física e Química, que têm desenvolvido nos últimos anos um trabalho contínuo de partilha e divulgação de práticas de ensino experimental, nomeadamente utilizando tecnologias móveis. Relativamente ao artigo em discussão, resumiu que a proposta consiste numa atividade laboratorial prevista no currículo — o estudo do movimento vertical de queda e ressalto de uma bola — adaptada para o uso da aplicação gratuita *phyphox*, instalada nos telemóveis dos alunos. Esta aplicação móvel permite medir intervalos de tempo entre colisões e calcular as alturas de ressalto, usando sensores internos do telemóvel, sem necessidade de equipamentos dispendiosos ou ligação à internet. O autor destacou, ainda, que a atividade foi pensada para ser facilmente realizada, tanto em sala de aula, como em casa, recorrendo a materiais simples como bolas reaproveitadas (i.e., bolas de desodorizante roll-on). Este trabalho, nas palavras do autor, tem como objetivo promover práticas experimentais rigorosas, acessíveis e estimulantes para os alunos.

- Questão 2 – a) Quais são, no vosso entender, os principais cuidados e dificuldades que os professores devem considerar ao implementar atividades experimentais com tecnologias móveis de baixo custo (como a aplicação *phyphox*) na sala de aula? b) Como pode a comunidade científica apoiar os professores na integração pedagógica e didática de tecnologias móveis no trabalho experimental, garantindo ao mesmo tempo o rigor científico das atividades e o desenvolvimento de

competências dos alunos (i.e., competências do perfil dos alunos, competências digitais...)?

Concluída a apresentação do tema de partida, iniciou-se um diálogo de elevado interesse e profundidade, desenvolvido em sucessivos ciclos de interação, dinamizados pelas reflexões e contributos apresentados por cada um dos participantes.

- Questão 3 - De que forma podemos, em conjunto, repensar a articulação entre investigação e prática no ensino da Física, em particular no uso de tecnologias móveis em atividades experimentais, para garantir uma aprendizagem significativa, cientificamente rigorosa e alinhada com o desenvolvimento das competências digitais dos professores e dos alunos?

Durante os cerca de 25 minutos finais, o debate em torno da terceira questão decorreu de forma dinâmica, com vários ciclos de interação. Os participantes refletiram sobre possibilidades de aproximação entre a investigação e a prática docente, identificando como eixos principais a necessidade de estudar se o uso de ferramentas digitais como a *phyphox* favorece aprendizagens mais profundas e significativas, a importância de desenvolver nos alunos uma maior consciência sobre a qualidade dos dados recolhidos, incluindo a análise das incertezas experimentais. Discutiu-se ainda a viabilidade de criar projetos colaborativos entre professores e investigadores, que permitam recolher e analisar dados sobre práticas de sala de aula e seus impactos.

Ficou clara, nesta mesa-redonda, a pertinência de encontrarmos uma agenda conjunta que promova o rigor científico na prática experimental mediada por tecnologias móveis, valorizando simultaneamente o trabalho dos professores e o contributo da investigação para a melhoria das aprendizagens dos alunos. A articulação entre a investigação em educação em ciências e a prática profissional de professores, tal como referido por (Araújo et al., 2024), é um campo de grande relevância, no entanto, enfrenta vários desafios relacionados com a própria natureza da pesquisa académica e do contexto prático da sala de aula, pelo que “necessitam de adaptação para serem eficazes e relevantes para os alunos e professores” (p. 135).

1.1 Ideias principais que emergiram desta mesa-redonda

A proposta prática de estudo do movimento vertical de queda e ressalto de uma bola, recorrendo à utilização da aplicação móvel *phyphox* para recolha de dados experimentais apresenta como principais vantagens:

- Uso de materiais de baixo custo e fácil acesso para atividades laboratoriais obrigatórias.
- Permite medições rigorosas e acessíveis sem necessidade de equipamentos dispendiosos.
- Facilita o envolvimento dos alunos e a realização de experiências fora do laboratório, inclusivamente em casa.

Os autores enriquecem a proposta com recursos complementares (e.g., vídeos, *QR Code*) que têm o potencial de ajudar e apoiar os alunos e professores. No entanto, apesar disso, os autores identificam alguns cuidados e dificuldades na implementação deste tipo de atividades, nomeadamente:

- A necessidade de familiarizar previamente os alunos com a ferramenta digital.
- Uma redobrada atenção na seleção e dimensionamento dos sistemas experimentais.
- Limitações associadas à precisão dos sensores móveis e na gestão das incertezas associadas.

Para tal, os autores, na abordagem que implementam na sala de aula, recorrem a guiões experimentais, que na sua opinião devem ser claros e bem estruturados. Aliás, esta questão do rigor científico está bem patente no facto de haver uma validação prévia dos guiões/protocolos experimentais que utilizam, quer por parte dos dois coautores, que já colaboram um com o outro há mais de uma década, pelo que conhecem bem o trabalho um do outro, quer por parte dos respetivos alunos, antes da publicação de todos estes materiais.

Neste tipo de abordagens experimentais na sala de aula, o foco não deve ser apenas o uso da tecnologia, *per si*, mas sim o reforço das competências dos alunos para que se tornem cada vez mais capazes de desenvolver trabalho experimental rigoroso.

Uma vez que se trata de uma proposta prática, com propósitos muito específicos e focados na operacionalização da utilização de uma ferramenta digital em contexto de sala de aula, para desenvolver trabalho experimental, esta pode beneficiar, de forma muito significativa, com o olhar da investigação, tanto na área da física experimental, como da educação em ciências físicas. Assim, também se tornou evidente nesta mesa-redonda, que existem potenciais pontos de convergência e interesses comuns entre a investigação e prática em educação, em particular:

- Na recolha de evidências sistemáticas sobre o impacto direto do uso das tecnologias móveis nas aprendizagens, na área das ciências, em particular das ciências físicas.
- Estudo sobre a eficácia do uso de aplicações móveis no desenvolvimento das competências científicas dos alunos.
- Investigação sobre o impacto da utilização de tecnologias no entendimento da física experimental e na gestão da incerteza experimental.
- No apoio aos professores na mediação em sala de aula e na orquestração didática deste tipo de ferramentas, em particular para o desenvolvimento de tarefas experimentais.

Também ao nível da formação dos professores, a investigação e prática podem contribuir para o desenvolvimento profissional docente, através de colaborações que valorizem as práticas desenvolvidas nas escolas e gerem novos conhecimentos, através de:

- Partilha de práticas testadas e validadas para aumentar a confiança dos professores na implementação de tecnologias móveis na sala de aula.
- Desenvolvimento de formação, inicial e contínua, focada não apenas no uso da tecnologia, mas na sua integração pedagógica e científica.

Para além desta agenda comum entre investigação e prática em educação em ciências, foi unânime o reconhecimento do trabalho inovador dos professores envolvidos, encorajando-os à continuidade da utilização crítica e reflexiva das tecnologias digitais em contexto educativo.

2. CONTEXTO E RELEVÂNCIA DAS APLICAÇÕES MOVEIS NA PRÁTICA EXPERIMENTAL

Elisa Saraiva: Gostaria de agradecer a todos os presentes pela colaboração com a APEDuC Revista e pela prontidão com que aceitaram este desafio para estarem presentes nesta mesa-redonda, onde nos propomos a discutir a integração das tecnologias digitais na sala de aula para promover as aprendizagens dos alunos. Daí a escolha do artigo do Albino Rafael Pinto e do Carlos Saraiva_ que nos apresenta, precisamente, uma proposta de integração das tecnologias digitais, neste caso das tecnologias móveis, como a aplicação *phyphox*, para promover trabalho experimental. Trata-se de uma proposta levada a cabo por professores, que estão no terreno, focados em promover mais e melhores aprendizagens nos seus alunos, mas sem estarem focados na investigação sobre essas mesmas práticas.

Temos aqui uma interessante combinação de pessoas, com interesses e experiências profissionais e académicas muito diferentes, mas complementares, na medida em que temos representados professores do ensino básico, do ensino secundário e do ensino superior. Estão aqui presentes investigadores, com diferentes perspetivas, o caso do Marco Naia, que é físico de formação, com trabalho desenvolvido no âmbito da investigação em ciência fundamental, mas também na integração das simulações no ensino. Temos, também, o caso do professor J. Bernardino Lopes, que acrescenta uma combinação interessante, por ser igualmente físico de formação, mas com um vasto trabalho na área da educação em ciências físicas, muito centrado nas práticas de ensino e no impacto que essas práticas nas aprendizagens dos alunos.

J. Bernardino Lopes: Gostaria também de dar os parabéns ao Carlos e ao Albino pelo trabalho de vários anos, no qual foram reunindo várias experiências com diferentes aplicativos. Têm agora este trabalho com a *phyphox*, mas antes disso já tinham explorado muitas outras ferramentas. É importante reconhecer esse trabalho, que considero importante e fundamental, e que a APEDuC Revista, também valoriza. É justamente um dos seus papéis, o de dar destaque ao trabalho desenvolvido pelos professores na sua prática e promovê-lo.

Após os agradecimentos, saudações e apresentações dos presentes, Carlos Saraiva passou a expor o contexto e a motivação que os levaram, a ele e ao Albino Pinto, a implementar este tipo de práticas experimentais na sala de aula com os seus alunos, partilhando-as posteriormente com outros docentes

2.1. Contexto e motivação para implementação e partilha de propostas de utilização de tecnologias móveis no desenvolvimento de trabalho experimental na sala de aula

Carlos Saraiva: Trata-se de uma atividade laboratorial de Física e Química A do 10º ano do ensino secundário, designada nos manuais por “AL 1.2 - Movimento vertical de queda e ressalto de uma bola: transformações e transferências de energia”. Anteriormente, surgia nos documentos curriculares como atividade da “bola saltitona”, mas atualmente, nas aprendizagens essenciais (DGE, 2018), tem uma designação diferente e sugere levar os alunos a “investigar o movimento vertical de queda e de ressalto de uma bola, com base em considerações energéticas, avaliando os resultados, tendo em conta as previsões do modelo teórico, e comunicando as conclusões” (p.13). Neste contexto, permanece igualmente relevante a necessidade de levar os alunos a “comparar energias dissipadas na colisão de uma mesma bola com diferentes superfícies, ou de bolas diferentes na mesma superfície, a partir dos declives das retas de regressão de gráficos da altura de ressalto em função da altura de queda”, apesar de revogadas

as anteriores metas curriculares (Fiolhais, Festas, & Damião, 2014). Como se trata de uma atividade que integra a lista de atividades a contemplar na dimensão prático-experimental, objeto de avaliação externa, nos exames nacionais de Física e Química A (IAVE, 2024), é muito habitual ser realizada nas escolas, deixando cair uma bola de uma determinada altura e recorrendo a um sistema de aquisição de dados (e.g., sensor de movimento ligado à calculadora gráfica), para assim medir as correspondentes alturas de ressalto.

Quando surgiu a aplicação *phyphox* (RWTH-Aachen, 2016), com versões para telemóveis Android e iOS, passamos a estar perante um instrumento realmente muito poderoso, uma vez que tira partido de uma série de sensores internos ao próprio aparelho móvel e que têm um enorme potencial para serem usados em aulas de Física, para a realização de trabalho experimental. Esta atividade, do movimento vertical de queda e ressalto de uma bola, foi uma daquelas que o Albino e eu começámos a fazer, logo desde o início, com as nossas turmas. Reconhecemos o potencial desta aplicação na realização desta atividade, uma vez que era muito fácil de utilizar pelos alunos, tanto na sala de aula, como em casa. Além disso, pode ser realizada com vários tipos de bolas, reais, como por exemplo, bolas pequenas de borracha ou, como no caso da nossa proposta, uma simples bola reciclada de um desodorizante *roll-on*. Não se torna necessário usar uma bola de baseball ou de basquetebol. Nós começámos a usar as esferas de desodorizantes, que foi algo que consideramos muito interessante, uma vez que conduz a resultados experimentais muito bons.

Mais tarde, após já termos alguma experiência no uso desta aplicação, nomeadamente deste tipo de sensor, submetemos um artigo à Gazeta de Física (Pinto & Saraiva, 2021) e, acho, que com base nesse artigo, a aplicação começou a ser um pouco mais divulgada na comunidade de professores, que é uma coisa que nós muito apreciamos. Quando os professores conhecem e usam este tipo de recursos, que são livres e gratuitos, podem implementar atividades experimentais sem necessidade de muitos custos associados a aquisição de material ou equipamentos. A utilização desta aplicação na atividade AL 1.2, do 10º ano de escolaridade é um bom exemplo desse facto, uma vez que pode ser realizada, tal como nós propusemos, apenas recorrendo ao telemóvel pousado sobre a mesa (um recurso de fácil acesso) e a três bolas pequenas: uma reaproveitada de um desodorizante “roll-on” (Fig.1), uma de golfe e outra de borracha. A superfície onde ocorreram as colisões foi o tampo de uma mesa feito de madeira.



Figura 1 Imagem capturada no vídeo de apoio disponibilizado pelos autores (Pinto & Saraiva, 2023b), como material de apoio aos professores, para implementação da atividade (Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=GJ7poBvRayc>)

Os resultados, tal como o artigo demonstra (Pinto & Saraiva, 2023b), estão em linha com o modelo teórico, “sendo a altura de ressalto diretamente proporcional à altura de queda” (p. 18). Feito o respetivo ajuste linear, obtiveram-se coeficientes de correlação muito próximos do valor unitário (0,9997 e 0,9998) para as experiências realizadas com as três bolas (ver figura 2). Estes resultados são bastante satisfatórios, ainda que, tal como referem os autores, numa atividade experimental “nunca se eliminam completamente os erros e há que considerar as inerentes incertezas dos equipamentos” (Pinto & Saraiva, 2023b, p. 18).

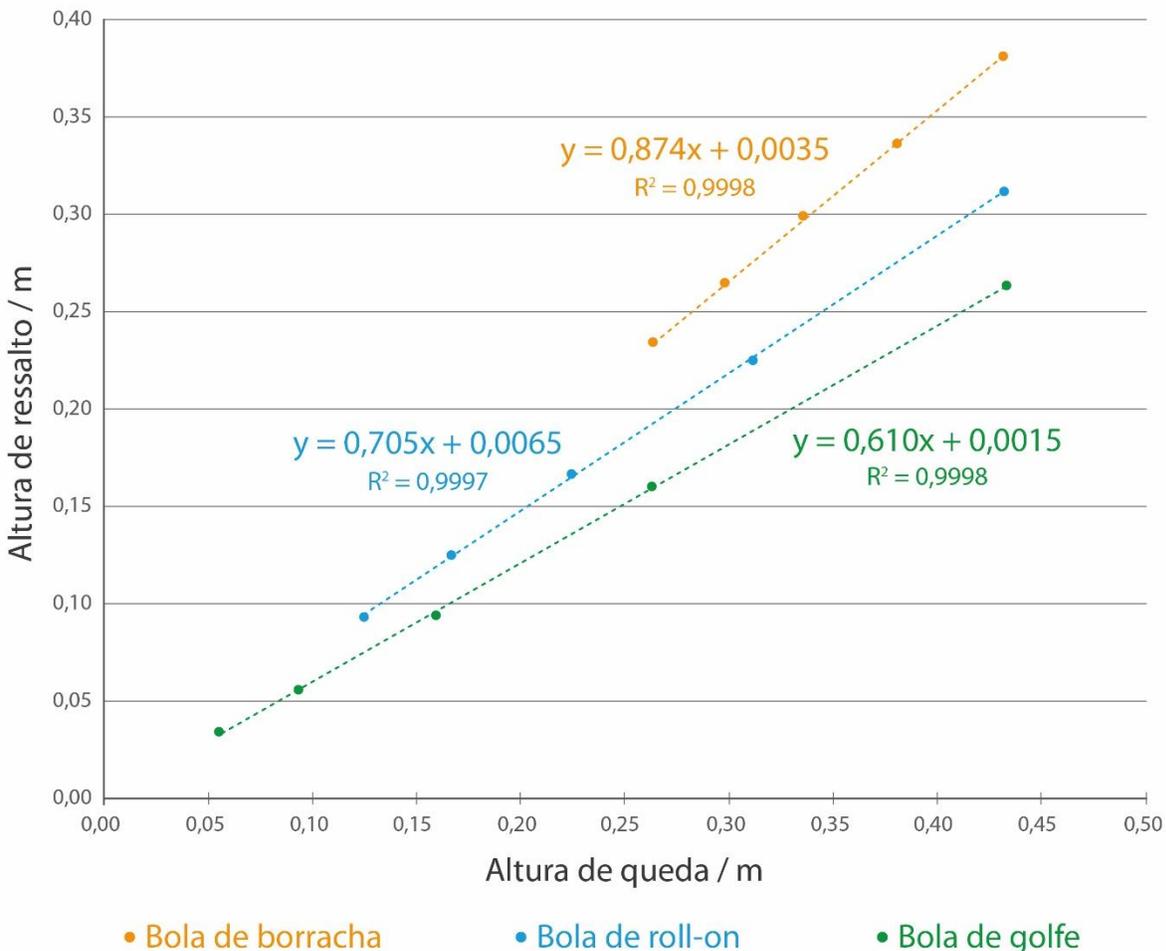


Figura 2 Gráfico obtido por regressão linear, usando os valores obtidos com recurso à aplicação phyphox, para a altura do ressalto em função da altura da queda das três bolas usadas na proposta de atividade experimental realizada pelos autores (Pinto & Saraiva, 2023b, p. 17).

Esta aplicação, a phyphox, tem, ainda, a vantagem, de não necessitar de acesso à internet. Funciona em modo *offline*, o que é algo muito interessante e importante, pois muitas vezes as questões de conectividade são apontadas como uma das maiores limitações ao uso de ferramentas digitais na sala de aula. Esta aplicação acaba por ser um laboratório do bolso e, tendo em conta a evolução que tem registado nos últimos anos, tem ainda muito potencial para ser explorada na sala de aula de física e química. Entretanto, está para sair uma nova atualização que,

provavelmente, trará novidades interessantes e novas ideias para a sua integração no trabalho experimental.

Tem ainda, como pormenores interessantes e úteis na sua utilização enquanto ferramenta para recolha de dados em tarefas experimentais, o facto de permitir a partilha de imagem e a possibilidade de gravação do próprio ficheiro no telemóvel. Este pode, posteriormente, ser partilhado através de *QR Code*. Desse modo, os dados ficam disponíveis para serem tratados, por exemplo, com recurso a regressão linear, tal como se propõe na figura 2. Estes são apenas alguns exemplos de recursos muito úteis e disponíveis na própria aplicação, que facilitam a sua utilização enquanto instrumento de aquisição de dados.

Elisa Saraiva: Uma das coisas que também chamou à atenção no vosso artigo, tem a ver com o facto de vocês partilharem com os professores, de forma livre, uma série de recursos de apoio na implementação da atividade proposta, tanto para os que vão ler o artigo da Gazeta de Física (Pinto & Saraiva, 2023b, como os que procuram, provavelmente, recursos na internet e se deparam com o website Física na Lixa (Pinto, 2010) onde, desde há muitos anos, é partilhado muito desse material, principalmente na forma de vídeos e tutoriais.

2.2 Apoio aos professores na implementação de atividades experimentais com recurso a tecnologias móveis

Elisa Saraiva: Analisando todo este vosso trabalho, não se limitam a partilhar o modo como a aplicação *phyphox* funciona para captar dados e medir grandezas físicas. Há da vossa parte uma preocupação em acompanhar com um conjunto de materiais de apoio sobre a tarefa experimental no seu todo, como é o caso da partilha sobre o modo como podem ser depois trabalhados esses mesmos dados. Mostram, da vossa parte um cuidado com a antecipação daquelas que serão algumas das dificuldades que os professores possam vir a experimentar, não só na utilização da ferramenta digital, em si mesma, mas também nos cuidados a ter em termos de montagem experimental e respetivas limitações. Sem dúvida que uma das coisas que chama a atenção em todo o vosso trabalho, é o rigor científico do trabalho que propõem. Assim, gostaria de ter a vossa opinião, sobre os principais cuidados que os professores necessitam de ter para implementar, com o necessário rigor científico e didático, este tipo de atividades experimentais, com recurso a aplicações móveis. Como podem as comunidades científicas e profissionais apoiar os professores na integração pedagógica e didática de tecnologias móveis no trabalho experimental, garantindo, simultaneamente, o rigor científico das atividades e o desenvolvimento de competências dos alunos. Dito de outro modo, face à enorme variedade de ferramentas digitais e aplicações móveis disponíveis, como pode a comunidade de professores e investigadores apoiar a implementação de tarefas desafiadoras para os alunos, garantindo o necessário rigor científico?

Carlos Saraiva: Os principais cuidados que os professores devem considerar ao implementar atividades experimentais com tecnologias móveis de baixo custo (como a aplicação *phyphox*), em primeiro lugar, passam pela familiarização dos alunos com a aplicação. Deve haver um trabalho prévio com os alunos, para os ajudar a compreender como funciona a aplicação e a operar com ela. Eventualmente, fazer algumas aplicações práticas, muito simples, do dia a dia, para depois se avançar para uma atividade laboratorial.

Quando estamos a falar de um contexto de ensino secundário, em que se exige, obviamente aquisição de dados e posteriormente o tratamento desses dados a atividade deve ser

acompanhada de um guião com instruções muito claras. Acho que isso também é muito importante: ter instruções claras. Uma outra coisa que pode ajudar, é o facto de termos um conjunto de vídeos, disponibilizados com *QR Code*, que alunos e professores podem visualizar.

A percepção dos autores é a de que, quando não há partilha de vídeos, as dificuldades evidenciadas pelos utilizadores da aplicação são maiores. Partilhar apenas em papel, num artigo, não tem o mesmo impacto. As pessoas têm mais dificuldade em aceder à informação nesse formato. Atualmente a comunicação é mais visual e através de um vídeo, torna-se mais eficaz. Ao partilhar um vídeo no YouTube, este fica disponível para um conjunto mais alargado de pessoas e o uso desta aplicação *phyphox*, no contexto do trabalho experimental, torna-se mais popular e pode chegar a um maior número de professores.

Marco Naia: Sobre o uso deste tipo de aplicações, que têm vindo a tornar-se bastante populares, eu gostaria de chamar a atenção para alguns pormenores de natureza experimental, que é necessário acautelar.

Tomando como exemplo esta mesma experiência, na qual os autores (Pinto & Saraiva, 2023b) usaram o telemóvel com a aplicação *phyphox* para captar dados experimentais, recorrendo ao “Cronómetro Acústico” para medir intervalos de tempo entre colisões sucessivas da bola na mesa, ela também poderia ser feita com outras. Poderiam usar o telemóvel para captar imagem em vídeo, recorrendo depois a um software de análise de vídeo, como por exemplo, o *Tracker*. Na prática, em ambos os casos, estariam a realizar um trabalho semelhante, sendo a forma de aquisição de dados a única diferença.

Quando vão implementar este tipo de atividades, os professores devem estar muito atentos a alguns pormenores. Quando planeiam um trabalho experimental desta natureza, recorrendo aos smartphones para recolher e, eventualmente, tratar dados, vão estar a usá-lo como um sensor, pelo que devem ter a certeza sobre qual é a grandeza que estão a monitorizar. Por exemplo, se quiserem medir a velocidade, tirando partido do acelerómetro do telemóvel, apesar de estar relacionada com a aceleração, não são a mesma coisa. Ao fazer esse tipo de medição podem ocorrer alguns problemas. Se quiserem medir, como neste caso, a altura do ressalto com base no som produzido pela bola a bater na mesa, vão ter de considerar a existência, por exemplo, de ruído e outros problemas. O que quero dizer é que, se quiserem fazer alguma coisa física, medir alguma grandeza, que não seja estritamente a prevista no guião, podem ter algumas surpresas. Um outro problema tem a ver, muitas vezes, com a dificuldade dos professores na adaptação deste tipo de atividades a outras situações físicas ou experimentais.

Um outro aspeto importante é o dimensionamento da própria experiência, pois pode haver grandes diferenças se tivermos um sistema maior ou mais pequeno. A gama de valores que se vai obter, dependendo das aquisições de dados que se vai fazer num sistema, com uma dada dimensão, pode ser completamente diferente se esta se alterar. Embora isso não se observe aqui na proposta de Pinto e Saraiva (2023b), ao utilizar o aplicativo *phyphox* em atividades como a experiência do pêndulo (muito comum em muitos guiões para professores) é preciso ter cuidado com as questões do dimensionamento. Como o telemóvel, que contém o sensor, se torna parte integrante do sistema, a sua dimensão pode comprometer a qualidade dos resultados experimentais. Dito de outro modo, ao analisar uma partícula, com uma dada dimensão, ela passa a ser tratada como um corpo rígido, o que pode afetar a análise dos dados, tornando-a mais complexa. Assim, usar um modelo simples para a análise dos dados, pode não ser suficiente.

Quando não se aplica corretamente as teorias e modelos, os professores, é a minha convicção, acabam por enfrentar dificuldades na sua prática, por terem de lidar com esses problemas de natureza empírica e experimental de forma eficaz.

Carlos Saraiva: Concordo plenamente. Daí a importância de professores e alunos terem acesso a guiões com instruções claras. Por isso é que nós fazemos os vídeos com explicações claras, para que as pessoas não tenham surpresas. Mesmo assim, acabam por surgir sempre algumas surpresas na sala de aula. É por isso que nós utilizamos a *phyphox* e, só depois de já termos acumulado bastante experiência sobre o que pretendemos, partilhamos aquilo que consideramos interessante e realmente útil para aplicação em sala de aula.

A *phyphox* tem muitos outros sensores que deixamos para quem quiser explorar, talvez para professores universitários, uma vez que oferece uma gama de possibilidades absolutamente fantástica. Mas tal como o Marco Naia referiu, contêm outras implicações e desafios de natureza experimental, como é o caso dos cuidados necessários no dimensionamento dos sistemas.

Elisa Saraiva: No fundo, o que o Carlos está a dizer é que as propostas que apresentam são validadas pelo facto de vocês as terem implementado com os vossos alunos. Tiveram oportunidade de identificar os problemas e já os resolveram, pelo que, aquilo que vocês apresentam aos professores já é algo depurado, que foi trabalhado previamente para acautelar algumas das situações, como o caso das que o Marco Naia aqui apresentou.

Carlos Saraiva: Precisamente. Isto é um trabalho que o Albino e eu fazemos previamente. Cada um de nós testa com os seus alunos e, apenas depois, decorrido algum tempo de apropriação e exploração, é que passamos “ao papel” e à partilha com outros professores.

Elisa Saraiva: Na questão em causa, aqui na nossa discussão sobre o apoio prestado aos professores, importa chamar à atenção que as dificuldades apesar de naturais, muitas vezes surgem precisamente do facto de não se acautelarem estes pormenores de natureza experimental, por inexperiência ou por falta de prática nesse tipo de atividades. Aqui o vosso cuidado é o de partilharem recursos que permitam aos professores encontrar soluções para poderem implementar estas atividades na sala de aula, acautelando o necessário rigor científico.

Carlos Saraiva: Portanto, aqui o apoio à comunidade de professores e o facto de as propostas já terem sido trabalhadas previamente em sala de aula, com os nossos alunos, permite aumentar a confiança de outros para experimentar propostas e abordagens experimentais previamente validadas. Obviamente, quando são publicadas na Gazeta de Física são previamente revistas e avaliadas. O *feedback* dos revisores leva-nos a alterar alguns aspetos, para que as nossas propostas façam mais sentido e sejam cientificamente mais rigorosas e acuradas.

J. Bernardino Lopes: Analisando alguns dos artigos publicados na Gazeta de Física (e.g., Pinto & Saraiva, 2021, 2023a, 2023b) e também na *The Physics Teacher* (Pinto & Saraiva, 2022), sobre este tipo de práticas, são trabalhos apresentados na perspetiva de como o professor pode ou deve utilizar estas ferramentas. São todos focados nesse ponto de vista. Mas há um aspeto, não explorado nesses artigos e que se prende com o modo como cada uma destas atividades se implementa na sala de aula. Partindo, por exemplo, no caso da experiência da queda da “bola saltitona”, abordando a questão da energia, como é que o trabalho é efetivamente apresentado aos alunos? Que proposta é feita? O que é que os alunos realizam concretamente? Se possível, gostaria que descrevesse como se processa toda a dinâmica, desde a apresentação inicial do trabalho até à sua conclusão:

- Como apresentam o trabalho aos alunos?
- Como os acompanham durante a atividade?
- Que tipo de guião lhes é dado?
- Que tipo de tratamento de dados os alunos fazem?
- Se elaboram algum relatório sobre o trabalho experimental que realizam, como o estruturam?
- Como avaliam o desempenho dos alunos?
- O Carlos e o Albino partilham os mesmos guiões ou protocolos com os alunos?
- Estes são elaborados em conjunto?

Carlos Saraiva: As atividades laboratoriais devem ser cuidadosamente planeadas e articuladas com os conteúdos teóricos, de modo a explorar as ideias dos alunos e garantir condições adequadas para a sua realização. Antes da realização das atividades, os alunos respondem a um conjunto de questões pré-laboratoriais.

O guião da atividade laboratorial é elaborado a partir da adaptação de recursos disponibilizados pelas editoras, assegurando o alinhamento com os objetivos curriculares. Quando se recorre à aplicação *phyphox*, as atividades propostas mantêm-se, na sua essência, semelhantes aos métodos laboratoriais tradicionais, não sendo necessárias alterações significativas à estrutura ou aos procedimentos definidos inicialmente. A principal diferença reside na forma como os dados são adquiridos.

A introdução dos conceitos associados ao tratamento de dados é feita de forma progressiva, no decurso de cada uma das atividades experimentais, tendo sempre em conta os seus objetivos. A atividade “AL 1.2. Movimento vertical de queda e ressalto de uma bola” requer o traçado de um gráfico da altura de ressalto em função da altura de queda e da respetiva reta de ajuste aos dados experimentais, pelo que os alunos devem recorrer à calculadora gráfica.

O desempenho dos alunos é avaliado com base nas respostas a um conjunto de questões pós-laboratoriais, resolvidas no final da atividade. Algumas dessas questões constam do manual da disciplina, assegurando a articulação com os conteúdos programáticos. Sempre que pertinente, são também incluídas, oralmente, questões que permitem aferir a compreensão dos fenómenos observados e a capacidade dos alunos para interpretar dados experimentais.

Os alunos repetiram a atividade em casa e partilharam, em sala de aula, os resultados obtidos, relacionando a energia dissipada durante as colisões com a elasticidade dos materiais utilizados.

Estamos aqui a falar deste artigo sobre a queda e ressalto da bola, mas podia focar-me também no do som. Tal como já referi, os alunos têm que estar bastante familiarizados com a aplicação *phyphox*. Partilhamos os vídeos com eles e isso faz com que já se sintam mais confiantes e motivados. Tanto os meus alunos, como os do Albino, quando chegam ao 9.º e 10.º anos, já estão bastante familiarizados com a *phyphox*, porque começamos a utilizá-la logo no 8.º ano, inicialmente no tema do som

No ensino básico não há um conjunto de atividades laboratoriais obrigatórias. No entanto, de acordo com as aprendizagens essenciais os alunos, no 8.º ano têm de ser capazes de “aplicar os conceitos de amplitude, período e frequência na análise de gráficos que mostrem a periodicidade temporal de uma grandeza física associada a um som puro”, assim como “relacionar, a partir de atividades experimentais, a intensidade, a altura e o timbre de um som

com as características da onda, e identificar sons puros” (p. 9). Neste contexto, a aplicação *phyphox* pode dar um importante contributo, ainda que neste ano de escolaridade as atividades laboratoriais previstas para o estudo do som não envolvam um trabalho tão exaustivo de recolha e tratamento de dados, como as propostas apresentadas pelos autores para o ensino secundário.

Marco Naia: Gostaria, de chamar a atenção para o facto de a *phyphox*, ser, de facto, uma excelente ferramenta. Mas, importa destacar que, neste domínio, há nos dias de hoje, algumas empresas de material didático que têm vindo a investir muito nesta linha de produtos. Há sensores cada vez mais simples e a utilização do telemóvel como ecrã e dispositivo de recolha de dados está, também, a tornar-se cada vez mais comum nas salas de aula. Nesse contexto, gostaria, ainda de lançar uma questão para o Carlos, que se prende com o facto de, no vosso trabalho, ao nível do 8.º e 9.º anos (ensino básico), depois de recolherem os dados, que tipo de análise é que é feita? Conseguem fazer uma análise mais estruturada, como a apresentada no artigo que publicaram nesta vossa proposta (Pinto & Saraiva, 2023b) ou na *The Physics Teacher* (Pinto & Saraiva, 2022) ou concentram-se em objetivos mais simples, adequados a essa faixa etária dos alunos?

Carlos Saraiva: No final do 3º ciclo, existe já um bom nível de familiaridade com a aplicação *phyphox*, por parte dos alunos. Depois, quando realizamos a atividade no laboratório se houver necessidade de efetuar o registo e tratamento de dados, entregamos sempre um guião ou uma ficha de trabalho, com algumas questões baseadas nos resultados obtidos durante a atividade experimental. É esta a nossa forma de trabalhar.

Marco Naia: O que eu perguntava, ou queria saber, era sobre que ferramentas é que os alunos utilizam e até que ponto manipulam os dados recolhidos?

Carlos Saraiva: No caso da utilização da *phyphox* para o estudo da queda e ressalto da bola, conseguimos facilmente obter os valores que nos interessam, como a altura de queda e a altura do salto. Esses dados são depois trabalhados, com recurso à regressão linear, para determinar a equação da reta. Aliás, uma das grandes valias da *phyphox* é exatamente o facto de permitir recolher dados de forma simples e eficaz, dados esses que podem ser posteriormente trabalhados, de forma a conduzir os alunos às aprendizagens conceptuais desejadas.

No caso do estudo do som, para darmos outro exemplo, a *phyphox* disponibiliza um recurso poderoso, o facto de a podermos utilizar como um osciloscópio, o que é absolutamente fantástico. É possível trabalhar isso com alunos do 8.º ano, para introduzir as ondas sonoras e respetivas características, para mais tarde, no 11.º ano, se retomar o uso da *phyphox* para um estudo mais aprofundado. Este é, sem dúvida um excelente recurso. Com ele conseguimos recolher valores experimentais que podem ser tratados, analisados e explorados em diferentes contextos.

Evidentemente, que não temos possibilidade de fazer outro tipo de avaliação, mais centrada na investigação, como o Professor Bernardino referiu. Não dispomos de tais recursos e trabalhamos praticamente de forma isolada, nas nossas escolas. Não estamos ligados a comunidades académicas que desenvolvam investigação mais aprofundada que nos permita avaliar, por exemplo, se os alunos aprendem mais ou melhor através destas práticas.

J. Bernardino Lopes: Então, o cenário é o laboratório. Os alunos usam o telemóvel (o seu próprio ou um do grupo) e seguem um protocolo ou guião. Os alunos têm de fazer algum tipo de relatório ou responder a perguntas que possam estar no guião?

Carlos Saraiva: Geralmente construímos um guião a explicar os passos que é necessário dar, que tipo de dados vão recolher com a aplicação, que grandezas físicas vão ter de medir, que dados vão ter de recolher e como os deverão tratar. Há um guião, um protocolo, onde incluímos, por vezes, algumas questões para avaliação das aprendizagens dos alunos. O relatório, é orientado por questões, que podem dizer respeito aos momentos pré e pós atividade. Algumas questões relacionadas com a aplicação em si ou com os dados por ela recolhidos, outras com os conceitos que estão a ser trabalhados nesse contexto.

J. Bernardino Lopes: Os alunos têm bastante familiaridade com a aplicação, uma vez que há um trabalho prévio de utilização da mesma. Mas, face à vossa experiência, pensando no caso desta vossa atividade do movimento de queda vertical e ressalto da bola, acham que os alunos entendem a física por trás desta atividade? Os alunos compreendem que existe perda de energia em cada ressalto e que a taxa de perda de energia é sempre a mesma?

Carlos Saraiva: É difícil responder essa questão. Nós acreditamos que eles vão entender melhor os conceitos associados. Com a necessidade de irem respondendo às questões do guião ou protocolo e, pelo facto de ser feita a correção/síntese das respostas, os alunos vão organizando o pensamento e demonstram a compreensão sobre os conceitos trabalhado na atividade.

J. Bernardino Lopes: Seria importante que a comunidade científica, os investigadores na área da educação em ciências físicas, pegassem neste trabalho e realizassem estudos aprofundados, que permitissem avaliar as compreensões conceptuais e o desenvolvimento de competências dos alunos. Com toda a experiência que os autores acumularam, seria muito enriquecedor olhar também para o outro lado e perceber o que é que os alunos efetivamente aprendem, identificar as várias nuances relativamente ao modo como os professores utilizam estas ferramentas na sala de aula, que ações da mediação adotam, quando implementam atividades experimentais em que se utilizam as aplicações móveis no contexto do trabalho experimental. Seria muito interessante estudar essa vertente para complementar o trabalho notável que têm vindo a desenvolver.

Tenho de salientar essa postura muito honesta relativamente ao trabalho que fazem. Mostram e partilham aquilo que conseguem fazer, o máximo partido que conseguem tirar da ferramenta *phyphox* e o que ela vos permite fazer.

Pensando nas práticas dos professores, identifica-se aqui, neste contexto, áreas de interesse comum, entre a prática e a investigação, que valeria a pena articular.

3. PERSPETIVAR UMA AGENDA ENTRE INVESTIGAÇÃO E PRÁTICA, RELATIVAMENTE AO USO DE TECNOLOGIAS MÓVEIS EM ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

J. Bernardino Lopes: No sentido de articular a prática e investigação no ensino é muito importante entender as dinâmicas de sala de aula. Os autores referiram que um dos aspetos importantes na implementação deste tipo de atividades é a autonomia dos alunos, que estes asseguram pelo facto de já dominarem a ferramenta. Mas, seria igualmente importante compreender de que modo promovem essa mesma autonomia, que ações adotam na sala de aula, que recursos disponibilizam, uma vez que são pontos chave para melhorar a prática docente e que, no âmbito da utilização das tecnologias móveis, tem ainda um enorme potencial, uma vez

que há poucos estudos, a este nível, baseados em dados empíricos, recolhidos em contexto natural de sala de aula.

Ao usar tecnologias móveis na aquisição de dados, no âmbito do trabalho experimental, os professores podem potenciar a construção ativa do conhecimento pelos próprios alunos, tornando a prática mais eficaz e enriquecedora e, simultaneamente, mais competentes no uso de ferramentas digitais.

Elisa Saraiva: Como seria possível transformar este trabalho de elaboração e partilha de guiões laboratoriais, aproveitando as tecnologias que tiram partido das potencialidades dos telemóveis, para tornar a aprendizagem mais significativa?

Este é um caminho que podemos explorar juntos, usando não só a *phyphox*, mas também outras ferramentas como, por exemplo o *Tracker* ou outras que utilizam sensores tradicionais.

Carlos Saraiva: Estas atividades complementam-se. Não pretendemos substituir os sensores tradicionais. Até porque os alunos também precisam de trabalhar com sensores convencionais, pelo que é importante que estejam familiarizados também com eles, uma vez que irão ser avaliados em exames nacionais, onde esse conhecimento também é testado. Portanto, estas propostas não substituem, complementam aquilo que já existe. Era isso que queria sublinhar.

Marco Naia: Fazendo uma pequena pesquisa sobre o que tem sido recentemente publicado relativamente a este tipo de atividades e propostas, que recorrem a várias formas de obter dados experimentais (Kuhn & Vogt, 2021) começa a surgir investigação focada em avaliar se o simples facto de medir com este tipo de equipamentos e aplicações, é suficiente para desenvolver nos estudantes uma perceção crítica sobre a qualidade dos dados, a incerteza, e os erros experimentais. Por exemplo, na Holanda ou na Alemanha (e.g., Kok et al., 2019) foram já publicados artigos que abordam estas questões, trabalhando especificamente a noção de erro e incerteza associada às medições de grandezas físicas com este tipo de aplicações.

No artigo que os autores publicaram no *The Physics Teacher*, foi apresentada uma precisão bastante elevada, até à quarta casa decimal em medições de tempo. A minha dúvida é saber, até que ponto essa precisão é realista, tendo em conta as limitações dos dispositivos móveis? Normalmente, a precisão dos sensores dos telemóveis não chega a esse nível.

Carlos Saraiva: Só para esclarecer, no artigo da *The Physics Teacher* não usamos a *phyphox*. Utilizámos outro sistema.

Marco Naia: Sim, usaram outro sistema. Mas no exercício em si apresentaram uma grande precisão, tanto no tempo como na distância. Gostava de perceber como conseguiram esse nível de precisão?

Carlos Saraiva: Nesse caso, a que se refere, usámos o software *Audacity*. A precisão que apresentámos deve-se ao processamento pelo *Audacity*.

Marco Naia: Aceitando alguma perda na precisão na medição da distância, mas melhorando a precisão temporal, os resultados não poderiam ser ainda melhores?

Como essas investigações têm mostrado (Kok et al., 2019), muitas vezes os alunos conseguem realizar as experiências, mas não desenvolvem uma consciência crítica sobre a qualidade dos dados. O que os estudos indicam — e são resultados bastante consistentes — é

que, mesmo tendo experiência ao nível da prática experimental, os estudantes, quando chegam ao ensino superior, não têm ainda uma ideia clara sobre a importância da incerteza e da qualidade dos dados. Este é um problema que já foi identificado em vários estudos (Hu & Zwickl, 2018). Por isso, há já propostas de trabalho que tentam incorporar mais diretamente o ensino da incerteza e do erro experimental nestas atividades com tecnologias digitais. Este é outro importante ponto de encontro entre o ensino e a investigação, neste caso no âmbito da ciência elementar e do modo como esta se constrói.

Carlos Saraiva: Todos os resultados que obtivemos, foram em condições reais, no laboratório. Não andamos à procura de resultados ideais. Os resultados que publicamos, tanto nos artigos, como nos guiões e vídeos, são mesmo os que resultam das experiências feitas pelos alunos. Em relação à incerteza, é claro que é um conceito muito difícil de trabalhar. E, como já foi referido pelo Professor Bernardino, nós não nos preocupamos muito com estas questões mais aprofundadas da investigação publicada em revistas, porque, honestamente, não temos essa capacidade, nem faria muito sentido para nós.

Marco Naia: Compreendo. Mas caso venham a fazer alguma investigação no futuro, essa questão da incerteza pode ser uma linha interessante para seguir.

Carlos Saraiva: É verdade, seria muito interessante.

J. Bernardino Lopes: A esse respeito, sobre a forma de promover a articulação entre a investigação e as práticas, acho que a primeira questão em que temos realmente de trabalhar é no sentido de aumentar a proximidade entre “nós” e “vós”. Ainda que esta designação pareça criar uma separação, o que se pretende é encontrar formas de nos aproximarmos. Seria muito interessante pensarmos num projeto conjunto, que vise detalhar o que se faz, como se faz, o que é que os alunos aprendem — ou não aprendem — com este tipo de atividades.

O Professor Marco falava da competência de ter consciência sobre a qualidade dos dados, mas há muitas outras, como perceber a física por trás da experiência, desenvolver pensamento crítico, etc. Seria importante perceber, também, se estas ferramentas ajudam os alunos a pensar em termos físicos ou se acabam por ser apenas instrumentos para “recolher dados e responder a perguntas” de forma mecânica.

Carlos Saraiva: Concordo. Aliás, gostava de reforçar que, durante algum tempo, o grande desafio era simplesmente conseguir recolher dados de forma acessível e muitos artigos focavam-se em mostrar como fazer isso. Mas hoje, o desafio mudou. A questão que se coloca não é apenas sobre como recolher dados, mas sobretudo perceber se os alunos realmente aprendem algo mais com esses dados.

Uma colaboração entre professores que trabalham com estas ferramentas e aplicações digitais e investigadores na área da educação em ciências, seria muito interessante e permitiria dar, precisamente, esse passo em frente nesta definição de uma agenda comum. Usar aplicações como a *phyphox* ou outras alternativas acessíveis para investigar de que modo a qualidade dos dados influencia a aprendizagem, e que competências realmente se desenvolvem. É uma linha de investigação que já está em curso noutros contextos e que seria muito interessante aprofundarmos também neste domínio.

Carlos Saraiva: Eu e o Albino trabalhamos juntos há cerca de 15 anos, num processo contínuo de partilha e colaboração, e gostamos daquilo que fazemos. Quanto à questão que colocou, os alunos geralmente gostam da *phyphox*. Quando o utilizamos, tentamos sempre

escolher experiências que possam também ser feitas em casa. Por exemplo, usamos a bola de roll-on, porque além de dar resultados muito bons, os alunos podem replicar a experiência fora da escola. Muitas vezes, fazem-no por iniciativa própria, trazem os resultados que analisam conosco.

De forma geral, temos um feedback positivo por parte dos alunos. Eles não só gostam de usar a *phyphox*, como partilham conosco os seus resultados — o que é facilitado pela própria aplicação, que permite essa interação. Acho que isso é uma mais-valia. Seria importante que uma comunidade de investigadores pegasse nesse tema e estudasse a fundo se a *phyphox* realmente contribui para melhores aprendizagens dos alunos. Mas esse é um trabalho que exige uma equipa multidisciplinar e especializada, porque avaliar se os alunos aprendem melhor é um processo complexo e demorado. Como sabemos, investigação em educação exige tempo e rigor, havendo muitas vertentes que se podem aprofundar.

Elisa Saraiva: Chegamos ao fim do tempo que tínhamos estipulado. Achei esta discussão muito interessante. Quando se pensa na relação entre investigação e prática, focamos a nossa atenção na investigação sobre o ensino, ou seja, no modo como podemos articular os nossos esforços e trabalho conjunto para ajudar os professores a usar melhor estas ferramentas digitais. Mas o Professor Naia trouxe uma perspetiva que, às vezes, passa despercebida, pois nem sempre se reflete ou desenvolve espírito crítico relativamente à qualidade das medições e a fiabilidade dos dados que se obtêm com os diferentes instrumentos, em particular os que envolvem este tipo de ferramentas e tecnologias digitais.

Marco Naia: Nos dias de hoje deparamo-nos com uma ironia interessante: agora que já sabemos um pouco mais sobre como usar os telemóveis na sala de aula, para a realização de experiências científicas, há cada vez mais restrições ao seu uso nas escolas.

Todavia essa questão está mal formulada. O telemóvel é uma ferramenta fantástica que permite explorar muitas possibilidades. O problema não está no dispositivo em si, mas no como e quando ele é utilizado.

Elisa Saraiva: As atuais orientações do Ministério da Educação não são meramente restritivas. As linhas orientadoras para promoção do bem-estar digital nas escolas (Nada et al., 2025) não proíbe o uso pedagógico do telemóvel em sala de aula. A restrição parece estar mais relacionada com o tempo excessivo que os alunos passam nos intervalos com os dispositivos. Dentro da sala de aula, para fins educativos, continua a ser permitido.

Carlos Saraiva: Pela nossa experiência, quando os alunos usam o telemóvel para experiências, eles ficam mais focados, não se distraem. Pelo contrário, envolvem-se mais ativamente.

Os alunos gostam de usar o telemóvel para este tipo de experiências. Quando o utilizam para recolher dados e analisar resultados, encaram-no como uma ferramenta de trabalho e não como um simples entretenimento. Agora, se o seu uso contribui para que efetivamente aprendam melhor, é algo que carece de ser cuidadosamente investigado.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os editores agradecem a disponibilidade dos autores do artigo “A *phyphox* no estudo do movimento vertical de queda e de ressalto de uma bola”, o qual serviu de (pre)texto para articular

e debater a investigação em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia, entre investigadores e educadores na temática relacionada com o uso de aplicações móveis para a realização de trabalho experimental em aulas de ciências físicas. Agradecem, em especial, aos autores Albino Rafael Pinto e Carlos Saraiva, pela disponibilidade e pelas interessantes contribuições para o debate e para a elaboração deste texto.

O debate, que se seguiu à apresentação do contexto e motivação para a implementação e partilha de propostas de utilização de tecnologias móveis no desenvolvimento de trabalho experimental na sala de aula, centrou-se, essencialmente, em torno das seguintes questões: a) como poderão as comunidades de docentes e investigadores apoiar os professores na implementação de atividades experimentais com recurso a tecnologias móveis; ? b) De que forma podemos, em conjunto, repensar a articulação entre investigação e prática no ensino da Física, em particular no uso de tecnologias móveis em atividades experimentais, para garantir uma aprendizagem significativa, cientificamente rigorosa e alinhada com o desenvolvimento das competências digitais dos professores e dos alunos?

Na reflexão sobre a primeira pergunta identificaram-se alguns cuidados e dificuldades na implementação deste tipo de atividades, nomeadamente: i) a necessidade de familiarizar previamente os alunos com a ferramenta digital; ii) uma redobrada atenção na seleção e dimensionamento dos sistemas experimentais; iii) existência de limitações associadas à precisão dos sensores móveis e gestão das incertezas associadas. Tais dificuldades, podem ser minimizadas pela partilha de práticas testadas e validadas, uma vez que permitem aumentar a confiança dos professores na implementação de tecnologias móveis na sala de aula.

Da segunda questão surgiram as seguintes propostas de pontos de interesse comuns, para articulação entre investigação e prática no ensino da Física: i) recolha em sala de aula de evidências sistemáticas sobre o impacto direto do uso das tecnologias móveis nas aprendizagens, na área das ciências, em particular das ciências físicas; ii) estudo sobre a eficácia do uso de aplicações móveis no desenvolvimento das competências científicas dos alunos; iii) investigação sobre o impacto da utilização de tecnologias no entendimento da física experimental e na gestão da incerteza experimental; iv) apoio aos professores na mediação em sala de aula e na orquestração didática deste tipo de ferramentas, em particular para o desenvolvimento de tarefas experimentais.

O desenvolvimento de formação, inicial e contínua, focada não apenas no uso da tecnologia, mas na sua integração pedagógica e científica, permitirá aos docentes implementar atividades experimentais científica e pedagogicamente mais rigorosas e fundamentadas.

REFERÊNCIAS

- Antonatou, C. M., Cavadas, B., Fonseca, M. J., Mavrikaki, E., Silva, J., & Pinto, X. (2024). 160 anos após as origens: o que é necessário para promover a literacia evolutiva na Europa. *APeDuC Revista-Investigação e Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia*, 5(1), 83-94. doi:<https://doi.org/10.58152/APeDuCJournal.516>
- Araújo, J. L., Costa, A. P., & Lopes, J. B. (2024). Uso do Chat GPT no planeamento do ensino de química: potencialidades e Desafios da IA para a educação em ciências e tecnologias. *APeDuC Revista-Investigação e Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia*, 5(2), 133-152. doi:<https://doi.org/10.58152/APeDuCJournal.569>
- Baptista, M., Cunha, A. E., Vieira, H., Araújo, J. L., Morais, C., & Lopes, J. B. (2022). A voz de investigadores e professores sobre a articulação entre a investigação e as práticas de ensino em educação em ciência. *APeDuC Revista-Investigação e Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia*, 3(2), 116-129.
- De-Carvalho, R., Karat, M. T., Dorneles, D. E., & Giraldi, P. (2022). Educação em ciências e ambiente entre o passado e o presente: debates a partir de uma pesquisa historiográfica. *APeDuC Revista-Investigação e Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia*, 3(2), 130-140.
- DGE. (2018a). Aprendizagens Essenciais de Física e Química A - 10º ano. Retrieved from <https://www.dge.mec.pt/aprendizagens-essenciais-ensino-secundario>
- DGE. (2018b). Aprendizagens Essenciais de Físico-Química para o Ensino Básico - 8º ano. Retrieved from <https://www.dge.mec.pt/aprendizagens-essenciais-ensino-basico>
- Fiolhais, C., Festas, I., & Damião, H. (2014). Programa de Física e Química A 10.º e 11.º anos: Curso científico-humanístico de Ciências e Tecnologias Retrieved from <https://www.dge.mec.pt/fisica-e-quimica-0>
- Galvão, C., Goulão, L. F., Calafate, L., Costa, I. A., Morais, C., & Lopes, J. B. (2021). Ciências da Sustentabilidade versus Ciências para a Sustentabilidade: desafios à investigação e à Prática. *APeDuC Revista-Investigação e Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia*, 2(2), 169-198.
- Hu, D., & Zwickl, B. M. (2018). Examining students' views about validity of experiments: From introductory to Ph. D. students. *Physical Review Physics Education Research*, 14(1), 010121. doi: <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.010121>
- IAVE. (2024). Informações-Prova 2024/2025. Retrieved from <https://iave.pt/provas-e-exames/informacoes/>
- Joglar-Prieto, N., Belmonte, J. M., Pizarro, N., Ramirez, M., Boga, T., Marcos, J. A., . . . Mendez, M. (2022). Oportunidades de desarrollo profesional conjunto en un entorno colaborativo con maestros, formadores de maestros e investigadores en educación matemática. *APeDuC Revista-Investigação e Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia*, 3(1), 120-133.
- Kelchtermans, G. (2021). Keeping educational research close to practice. *British Educational Research Journal*, 47(6), 1504-1511. doi:<https://doi.org/10.1002/berj.3716>
- Kok, K., Priemer, B., Musold, W., & Masnick, A. (2019). Students' conclusions from measurement data: The more decimal places, the better?. *Physical Review Physics Education Research*, 15(1), 010103. doi: <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.010103>
- Kuhn, J. & Vogt, P (2022). *Smartphones as mobile minilabs in physics: Edited Volume Featuring more than 70 Examples from 10 Years The Physics Teacher-column iPhysicsLabs*. Springer.
- Nada, C., Simão, A. M. V., Monteiro, A., Lázaro, C., Magalhães, C., Ponte, C., . . . Ferreira, P. (2025). *Recomendações para a Promoção do Bem-Estar Digital nas Escolas*. In. Retrieved from <https://projetos.dge.mec.pt/doc/Recomendacoes para a Promocao do Bem Estar Digital nas Escolas.pdf>
- Nolla, Á., Muñoz, R., Ribeiro, M., Pizarro, N., Guede-Cid, R., Ramírez, M., . . . Méndez, M. (2023). Comparativa de la formación inicial de matemática y su didáctica de los futuros maestros. *APeDuC Revista-Investigação e Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia*, 4(2), 197-212. doi:<https://doi.org/10.58152/APeDuCJournal.485>

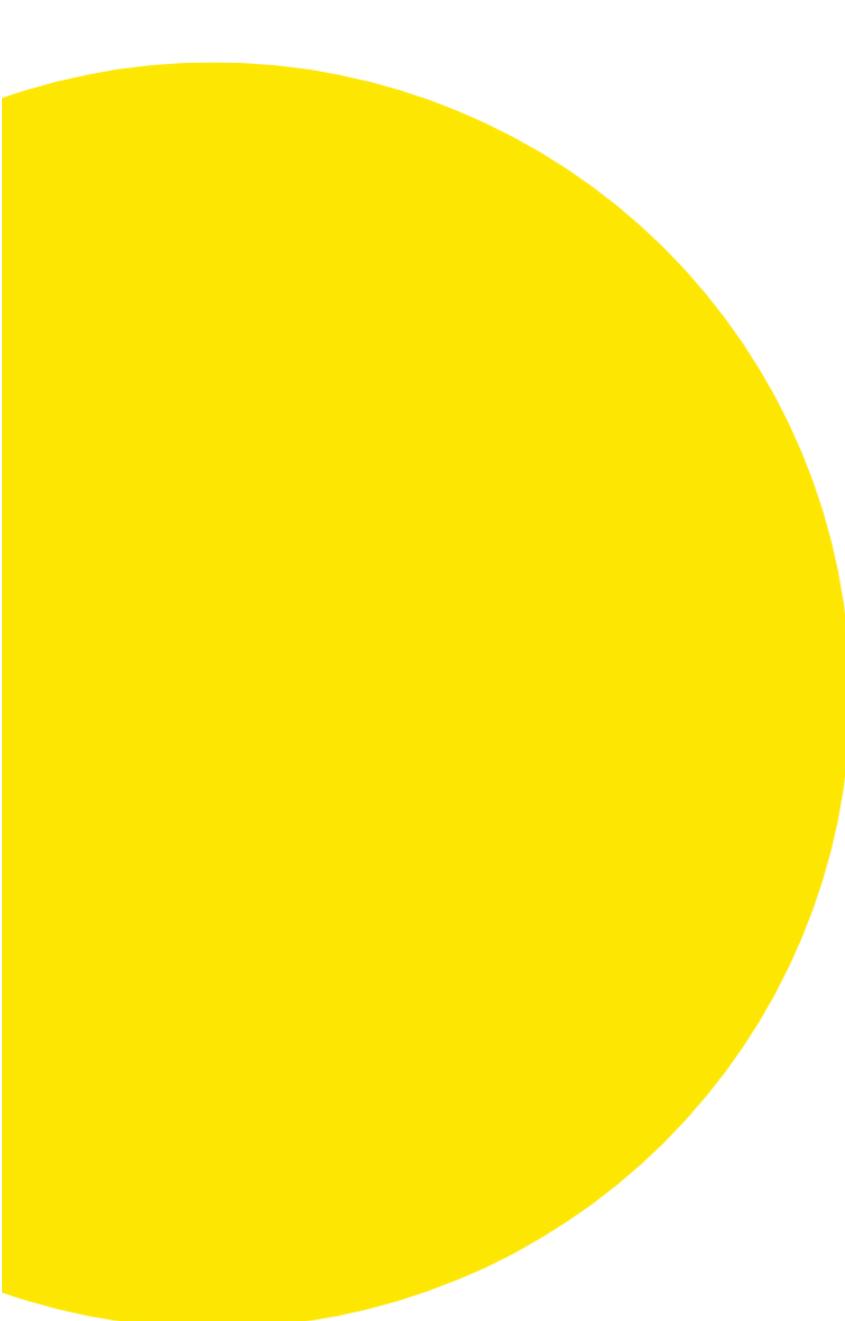
- Paixão, V. V. M., Cruz, M. C. P., Mortimer, E., Silva, A., Cassiani, S., & Lopes, J. B. (2021). Desafios Sócio-científicos às práticas educativas e à investigação tendo como (Pre) texto um artigo relatando a construção de um biodigestor numa escola do Brasil. *APeDuC Revista-Investigação e Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia*, 2(1), 150-167.
- Pinto, A. R. (2010). Física na Lixa. Retrieved from <https://fsicanalixa.blogspot.com/>
- Pinto, A. R., & Saraiva, C. (2021). Determinação do valor da aceleração gravítica com a aplicação phyphox. *Gazeta de Física*, 44(1), 18-20.
- Pinto, A. R., & Saraiva, C. (2022). Determining Gravitational Acceleration Accurately and Simply. *The Physics Teacher*, 60(3), 216-217.
- Pinto, A. R., & Saraiva, C. (2023a). Determinação do período e da frequência de um sinal sonoro com a aplicação phyphox. *Gazeta de Física*, 46(2), 34-36.
- Pinto, A. R., & Saraiva, C. (2023b). A phyphox no estudo do movimento vertical de queda e de ressalto de uma bola. *Gazeta de Física*, 46(3), 15-18.
- RWTH-Aachen. (2016). Phyphox – Physical Phone Experiments. Retrieved from <https://phyphox.org/>
- Saraiva, E., Silva, C. M., Pereira, H., Lopes, F., & Lopes, J. B. (2023). Geodiversidade urbana como recurso educativo com potencial para aprendizagens promotoras de sustentabilidade geológica. *APeDuC Revista-Investigação e Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia*, 4(1), 208-237.
- Wyse, D., Brown, C., Oliver, S., & Poblete, X. (2021). Education research and educational practice: The qualities of a close relationship. *British Educational Research Journal*, 47(6), 1466-1489. doi:<https://doi.org/10.1002/berj.3626>

BREVES NOTAS BIOGRÁFICAS SOBRE OS CONVIDADOS:

Carlos Saraiva - Licenciado em Física pela Universidade de Coimbra, Mestre em Ensino de Física e Química pela Universidade de Aveiro. Professor de Física e Química no Agrupamento de Escolas de Trancoso. É coautor de simulações e de artigos publicados na *Gazeta de Física*, na *Physics Education* e na *The Physics Teacher*. Também é coautor de recursos digitais premiados pela Casa das Ciências e de dois livros. É embaixador da aplicação *phyphox*, que é uma referência mundial. Em 2024 ganhou o prémio de melhor artigo publicado na *Gazeta de Física* (Prémio- Lídia Salgueiro) atribuído pela Sociedade Portuguesa de Física.

Albino Rafael Pinto - Licenciado em Física pela Universidade da Beira Interior e Mestre em Física pela Universidade do Minho. Professor de Física e Química no Agrupamento de Escolas da Lixa, Felgueiras. É coautor de artigos publicados na *Gazeta de Física* e na *The Physics Teacher*. Também é coautor de recursos digitais premiados pela Casa das Ciências e de um livro de exercícios para o 11º ano. É embaixador da aplicação *phyphox*. Desenvolve simulações utilizando ferramentas computacionais de acesso gratuito. É autor do blog: <http://fsicanalixa.blogspot.com/>. Em 2022 ganhou o “Prémio André Freitas – Boas práticas pedagógicas” atribuído pela Sociedade Portuguesa de Física. Em 2024 ganhou o prémio de melhor artigo publicado na *Gazeta de Física* (Prémio- Lídia Salgueiro) atribuído pela Sociedade Portuguesa de Física.

Marco Naia – Licenciado e Doutorado em Física pela Universidade de Coimbra. É Professor Auxiliar do Departamento de Física da Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD). É físico experimental e iniciou a sua formação científica na área da antimatéria, no laboratório de Física Atómica da Universidade de Trento. Também tem desenvolvido trabalhos de investigação na área das simulações e laboratórios virtuais.



S4

**LIVROS E COMPANHIA:
RECENSÕES CRÍTICAS E
SUGESTÕES DE INTEGRAÇÃO
DE RECURSOS DIDÁTICOS**

—

**BOOKS AND MORE: CRITICAL
REVIEWS AND SUGGESTIONS
FOR INTEGRATING TEACHING
RESOURCES**

S4

Esta secção destina-se a acolher:

A. Recensões críticas de obras científicas /literárias /artísticas /educativas, com potencial relação com Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia;

B. Sugestões de recursos (blogs, simulações, animações, vídeos, jogos, aplicativos online, etc) com a respetiva descrição da experiência educativa de integração.

This section is intended to accommodate:

A. Critical reviews of scientific/literary/artistic/educational works, with potential relation to Education in Science, Mathematics and Technology;

B. Suggestions of resources (blogs, simulations, animations, videos, games, online applications, etc) with the respective description of the educational experience of integration.

Esta sección está destinada a acomodar:

A. Reseñas críticas de obras científicas / literarias / artísticas / educativas, con potencial relación con la Educación en Ciencias, Matemáticas y Tecnología;

B. Sugerencias de recursos (blogs, simulaciones, animaciones, vídeos, juegos, aplicaciones en línea, etc.) con la respectiva descripción de la experiencia educativa de integración.

RECENSÃO CRÍTICA DE “CIÊNCIA CIDADÃ NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS” (2024) DE CARLA MORAIS

CRITICAL REVIEW OF “CIÊNCIA CIDADÃ NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS” (2024) BY CARLA MORAIS

RESEÑA CRÍTICA DE “CIÊNCIA CIDADÃ NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS” (2024) DE CARLA MORAIS

J. Bernardino Lopes

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal
blopes@utad.pt

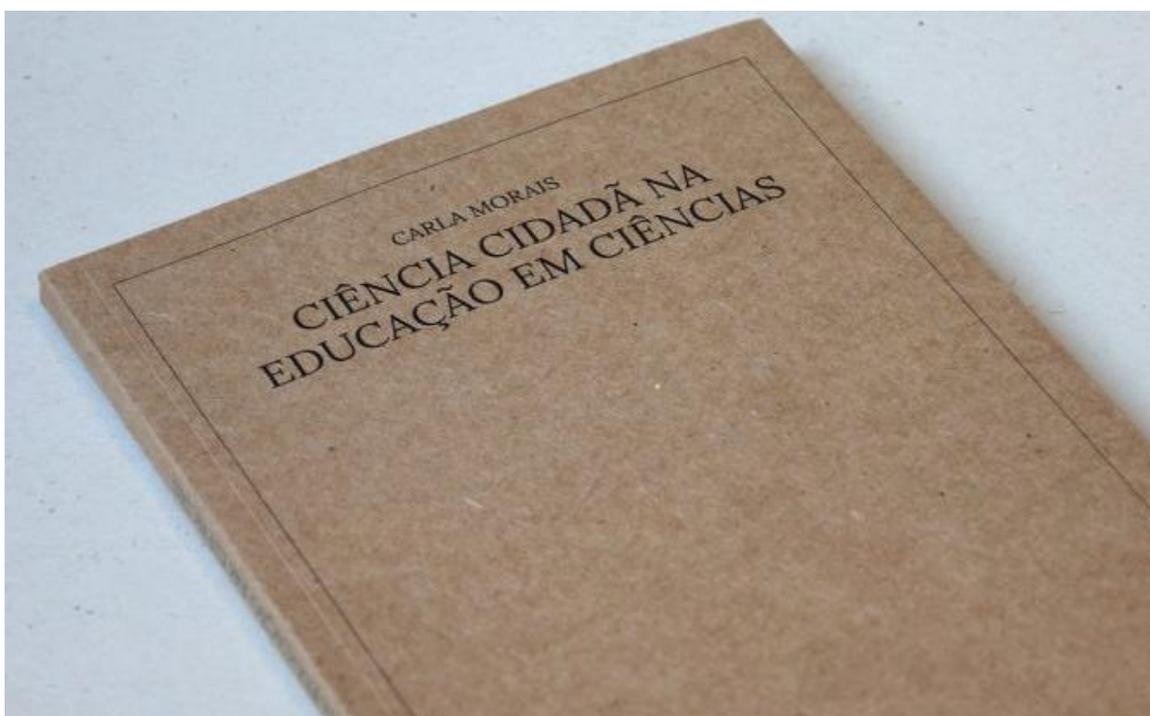


Figura 1 Capa do livro “Ciência Cidadã na Educação em Ciências” (2024) de Carla Morais com a chancela da U.Porto Press.

O livro “Ciência Cidadã na Educação em Ciências” de Carla Morais publicado em 2024 pela U.Porto Press e apresentado em janeiro de 2025 na biblioteca da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, foca-se em trazer para a Educação em Ciências em Portugal o campo da ciência cidadã. É, aliás, o tema central do livro. E isto é muito importante porque é a primeira vez que se faz uma sistematização, extensamente fundamentada, do conhecimento sobre do assunto em Portugal. Tem ainda o mérito de apontar várias lacunas na investigação sobre o tema. Com estas indicações é perfeitamente possível traçar uma agenda de investigação para a integração da ciência cidadã na Educação em Ciências. Além disso, lê-se bem e de uma só penada porque está bem escrito e focado no essencial. Merece ser lido e que as suas ideias façam caminho.

Estrutura do livro

O livro tem 7 capítulos, uma introdução, um prefácio e um posfácio. O prefácio é da Prof. Isabel Martins, uma ilustre da comunidade académica da Educação em Ciências em Portugal, que dá o respaldo de uma pioneira da introdução do movimento CTS em Portugal, precursor da incorporação da Ciência Cidadã na educação em ciência. O posfácio feito pela presidente da Rede portuguesa de Ciência Cidadã atesta a aceitação desta obra na respetiva comunidade. Está, portanto, bem acompanhado.

Na minha opinião o livro tem duas partes, a primeira dedicada aos aspetos mais transversais da Ciência Cidadã (capítulos 1 a 5) e a segunda, a mais importante, dedicada a perspetivar como se pode integrar a Ciência Cidadã na Educação Em Ciências (capítulos 6 e 7).

Dos aspetos transversais à Ciência Cidadã destaco os seguintes:

- Apresenta uma definição clara do que é Ciência Cidadã com cinco características fundamentais. E apresenta contraexemplos, ainda que apelativos, para ilustrar o que não é Ciência Cidadã.
- Recorda-nos que a Ciência Cidadã é um movimento com algumas décadas, mas que tem um cariz político orientado para o acesso, de todos os cidadãos, ao conhecimento e às suas práticas. Esta abertura é decisiva para se enfrentar desafios sociais complexos.
- Caracteriza os três principais tipos de envolvimento dos participantes em projetos de Ciência Cidadã, bem como as motivações para os cidadãos participarem neles.
- Problematisa a qualidade dos dados nestes projetos e perspetiva formas de a garantir.
- Retrata as possibilidades da tecnologia para facilitar a integração e participação dos cidadãos nos projetos de Ciência Cidadã. Por exemplo, fala-nos do papel das plataformas facilitando a cooperação e a comunicação entre os participantes, das aplicações baseadas em sistemas de informação geográfica, dos smartphones para recolher e reportar diversos tipos de dados e dos algoritmos de inteligência artificial para tratar grandes quantidades de dados. Estas possibilidades da tecnologia, para além dos benefícios já referidos, permitem escalar estes projetos.

Na segunda parte, a que corresponde todo o capítulo 6 e o capítulo 7, Carla Morais perspetiva a integração da Ciência Cidadã na Educação em Ciências, quer em contextos formais

de educação, quer em contextos informais. Começa por traçar um cenário de benefícios potenciais da participação dos estudantes e professores em projetos de Ciência Cidadã dos quais destaco: (1) a possibilidade de construir uma visão transdisciplinar de um fenómeno, (2) a oportunidade de participarem num esforço científico autêntico, valorizando a centralidade dos dados e envolvendo-se em diversas práticas epistémicas características da construção do conhecimento científico. De seguida seguem várias secções onde se apresentam as aprendizagens que é possível alcançar quando se integram estudantes e professores em projetos de Ciência Cidadã, nomeadamente em termos de conhecimentos científicos, práticas e competências científicas, natureza da ciência e interesse e atitudes em relação à ciência. Em cada um destes aspetos chama a atenção para as lacunas de investigação que é necessário considerar.

Carla Morais explica-nos as dificuldades que estudantes e professores têm em participar em projetos de Ciência Cidadã, em particular a falta de conhecimentos disciplinares, não deixando de elencar as diversas abordagens que têm sido feitas para as debelar e os ganhos que se obtêm em termos de conhecimento adquirido quando aquelas abordagens são seguidas.

Nas últimas secções do capítulo seis apresenta estudos sobre a integração da Ciência Cidadã na educação formal e na educação não formal, sistematiza os fatores que promovem a integração da Ciência Cidadã na Educação em Ciências recorrendo aos estudos em que ela própria participou e/ou coordenou e chama a atenção para os desafios a enfrentar. Termina com várias recomendações sobre como integrar a Ciência Cidadã na Educação em Ciências que sistematiza numa tabela com a indicação de 7 recomendações. E como sabemos o número 7 é o símbolo da totalidade e da perfeição.

Para além da estrutura que indiquei, o livro também pode ser lido pelas figuras que têm diagramas. São doze diagramas que representam dez ideias:

- Primeira ideia (Figura 1) conceptualização sobre o que é Ciência Cidadã e quais são as cinco principais características.
- Segunda ideia (figuras 2 e 3) viragem das políticas europeias sobre como se perspetiva a ligação da ciência aos cidadãos.
- Terceira ideia (figura 4) três formas de envolvimento dos cidadãos em projetos deste tipo.
- Quarta ideia (figuras 6 e 7) papel da tecnologia na promoção da Ciência Cidadã e das novas oportunidades que criam.
- Quinta ideia (figura 8) estratégias para aumentar a qualidade dos dados.
- Sexta ideia (figura 9) principais desafios a considerar na Ciência Cidadã.
- Sétima ideia (figura 10) a ciência cidadã é um campo promissor de ligação entre a investigação científica e as práticas educativas.
- Oitava ideia (figura 11) perspetivação sobre possíveis razões que explicam a falta de resultados de aprendizagem expressivos e mensuráveis na intersecção Ciência Cidadã com a educação formal.
- Nona ideia (figura 12) fatores que potenciam a integração de projetos de Ciência Cidadã na educação formal.
- Décima ideia (figura 13) desafios para integrar a Ciência Cidadã na educação formal.

Impacto Social e acadêmico deste livro

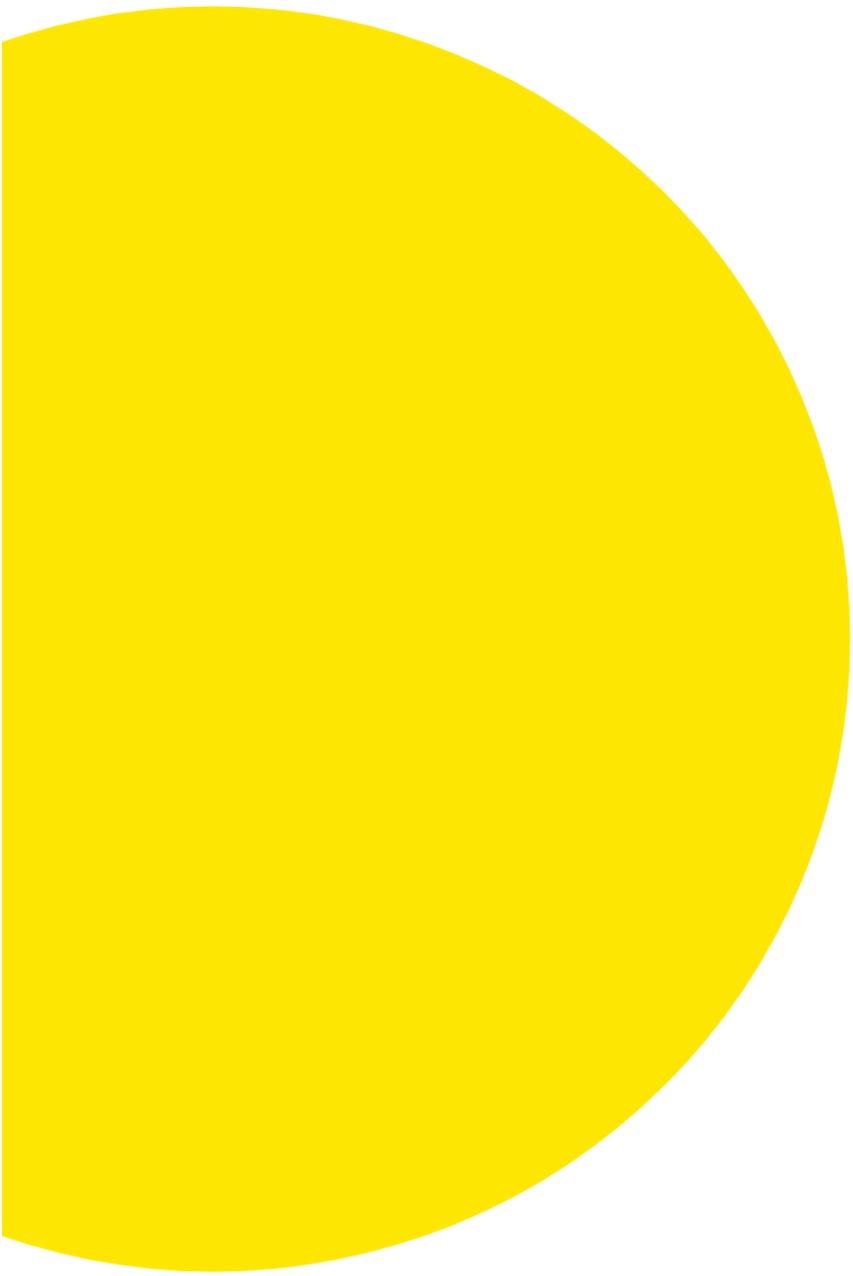
A Ciência é importante para os cidadãos e para a sociedade. A Ciência é importante para lidar com os desafios sociais que temos pela frente. Apesar de alguns dirigentes a menosprezarem e mesmo ataca-la ela fundamental. Precisa de ser acarinhada, compreendida e precisa de cidadãos que se empenhem em usá-la e de alguns que se envolvam na sua construção e desenvolvimento. Neste contexto incluir a Ciência Cidadã na Educação em Ciências é de uma relevância quase auto-explicativa.

A autora Carla Morais ao perspetivar a integração da Ciência Cidadã na Educação em Ciências, indicando os aspetos a considerar e os constrangimentos a debelar, abre possibilidades de haver mais projetos de Ciência Cidadã nas escolas. Este aspeto impacta socialmente na medida em que contribui para aumentar o número de projetos de Ciência Cidadã nas escolas. Talvez mais importante, abre caminho a que se inscreva nas jovens gerações o contacto com uma atividade humana de alto valor: fazer ciência.

Por outro lado, sendo possível integrar a Ciência Cidadã na Educação em Ciências, permite investigar os desafios e potencialidades que esta integração comporta bem como os ganhos, em termos de aprendizagem, que se consegue obter imediatamente e a longo prazo. Sendo este assunto relativamente novo é necessário estabelecer uma agenda de investigação para a qual Carla Morais contribui de forma significativa.

REFERÊNCIA

Morais, C. (2024). *Ciência Cidadã na Educação em Ciências*. U.Porto Press.



S5

TEM A PALAVRA...

—

GIVING THE FLOOR...

S5

Espaço de opinião ou curta entrevista a profissionais envolvidos na Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia.

Opinion space or short interview to professionals involved in Science, Mathematics, and Technology Education or Communication.

Espacio de opinión o entrevista corta con profesionales de la Educación en Ciencias, Matemáticas y Tecnología.

O MUSEU COMO ESPAÇO EDUCATIVO E PARTICIPATIVO EM CIÊNCIAS
– ENTREVISTA COM MARIA JOÃO FONSECA

THE MUSEUM AS AN EDUCATIONAL AND PARTICIPATORY SPACE IN SCIENCE
– INTERVIEW WITH MARIA JOÃO FONSECA

EL MUSEO COMO ESPACIO EDUCATIVO Y PARTICIPATIVO EN CIENCIAS
– ENTREVISTA CON MARIA JOÃO FONSECA

Maria João Fonseca¹ & Carla Morais²

¹Museu de História Natural e da Ciências da Universidade do Porto, Portugal
mjfonseca@mhnc.up.pt

²CIQUP, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Portugal
cmorais@fc.up.pt

1. BREVE BIOGRAFIA

Licenciada em Biologia Animal Aplicada e Ensino da Biologia, pela Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP) e com um Doutoramento em Ensino e Divulgação das Ciências também pela FCUP, Maria João Fonseca é Diretora de Comunicação do Museu de História Natural e da Ciência da Universidade do Porto e Diretora da Galeria da Biodiversidade - Centro Ciência Viva. É também Vice-Presidente da rede europeia de museus e centros de ciência, Ecsite e Professora Auxiliar Convidada na FCUP. Tem uma vasta experiência no design, implementação e avaliação de atividades educativas em ambientes de aprendizagem formais e não formais, bem como em atividades de mediação e intervenção cultural e científica.

2. BREVE DESCRIÇÃO DOS SEUS PRINCIPAIS PROJETOS

No contexto da atividade profissional que exerce, Maria João Fonseca é responsável pela coordenação, acompanhamento e/ou divulgação de uma grande diversidade de projetos de promoção da cultura científica e de envolvimento público na ciência, dirigidos a uma grande multiplicidade de públicos. Destacam-se, entre estes, projetos assentes no diálogo entre a arte e

ciência e na articulação entre ambientes de educação formal e não formal, atividades de ciência cidadã, campos de férias, academias de ciência, ações de voluntariado, iniciativas de promoção de saúde e bem-estar através da ciência e do contacto com a natureza, e programas de sensibilização e educação ambiental.

Para mais informação: <https://mhnc.up.pt/>

3. ENTREVISTA

Q1 - Como perspetiva o papel atual e futuro dos centros de ciência e museus na comunicação científica global e no envolvimento do público?

Os museus e centros de ciência são, por princípio, espaços perfeitos para a mediação cultural e científica. São frequentemente classificados como ambientes de aprendizagem não formal, porque têm de facto um considerável potencial educativo, que permite introduzir, consolidar, aprofundar ou complementar a aprendizagem que ocorre em ambiente formal. No entanto, o grande fator que os distingue dos demais espaços educativos e culturais é, talvez, o seu poder para suscitar a curiosidade, para instigar o pensamento criativo e para incentivar o prazer intelectual, através de uma pluralidade de metodologias, que apelam muitas vezes ao estímulo sensorial e que recrutam diversas áreas disciplinares. Museus e centros de ciência são espaços de produção de conhecimento, das mais diversas formas, mas não têm como competir com outros canais de comunicação em que a informação se cria e difunde a uma velocidade que dificilmente temos capacidade de processar – para o bem e para o mal. Por isso, nestes espaços, quer sejam abordados fenómenos essenciais, quer se toque o mais avançado corpo de conhecimento de que dispomos num dado momento, o que se pretende é que os visitantes reajam, explorem, se envolvam. E não encontrem tantas respostas como esperavam, mas sim novas e melhores perguntas. Eu vejo os museus e os centros de ciência como espaços de maravilhamento, onde não existem realmente barreiras à multiplicidade de experiências que nos são oferecidas. Onde há sempre algo novo para descobrir e experimentar. E onde as várias áreas disciplinares se cruzam de diferentes formas. De acordo com a literatura e com os indicadores que esta fornece, estas estão, a nível global, entre as instituições nas quais as pessoas têm mais confiança. São espaços seguros. Sérios, mas também (e cada vez mais) divertidos. Em vários países, incluindo o nosso, temos já profissionais de saúde a prescrever idas aos museus. Porque o contacto com o conhecimento faz-nos bem. Faz-nos felizes. Por vezes esquecemo-nos disso e outras vezes a forma como as experiências nos são apresentadas também nos excluem, privando-nos da oportunidade de usufruir destes lugares. Mas há um sentimento cada vez mais generalizado na comunidade em que estas instituições se integram com a inclusão e com a concessão de acesso. Aliás, basta analisar o novo conceito de museu apresentado pelo ICOM para perceber que assim é e que, nos casos em que ainda não é, mais tarde ou mais cedo terá mesmo de ser. Os museus e centros de ciência devem respeitar a confiança que lhes depositamos e assumir o compromisso com a nossa mobilização no sentido de refletirmos e atuarmos perante os grandes desafios sociais que hoje enfrentamos.

A forma como, nesse sentido, operam é diversa. Pode implicar uma ação à escala local, regional, nacional ou global. Quase todos os museus e centros de ciência se integram em redes, que funcionam a diferentes escalas. Um exemplo claro e distintivo no nosso país é a Rede de Centros Ciência Viva, um projeto exemplar potenciado pela nossa agência nacional de promoção

da cultura científica e tecnológica, que este ano celebra 30 anos. Mas o futuro destas instituições será aquele que os seus públicos determinarem. Cada vez mais percebemos que a construção do nosso futuro é, a todos os níveis, um esforço coletivo. Desta percepção têm vindo a emergir não só projetos de ciência cidadã e de intervenção cultural, mas também projetos de cocriação, em que diferentes comunidades são não só auscultadas, mas chamadas a produzir conteúdos, a conceber e construir as experiências que são depois oferecidas a quem visita os espaços. É a chamada “arte da relevância”, como a descreve Nina Simon. O futuro dos museus e centros de ciência reside na sua capacidade de se manterem e/ou tornarem relevantes. De funcionarem para os seus públicos, de respeitarem e valorizarem as suas expectativas e de, mais do que comunicarem ciência, promoverem uma apreciação (afetiva e cognitiva) com a forma como se produz o conhecimento científico e saciarem ou reativarem a nossa paixão pela vida e pelos seus fenómenos.

Q2 - Quais são os principais desafios e oportunidades que enfrenta no Museu de História Natural e Ciência da Universidade do Porto e na Galeria da Biodiversidade - Centro Ciência Viva?

São muitos e variados os desafios que se me apresentam no Museu de História Natural e Ciência da Universidade do Porto (MHNC-UP), em geral, e na Galeria da Biodiversidade, em particular. Mas todos acabam por ter este efeito maravilhoso que é o de funcionarem como estímulos. É impressionante perceber que sempre que nos deparamos com um desafio, mesmo que por vezes este possa parecer intransponível, acaba sempre por haver uma mobilização que nos permite dar-lhe resposta e aprender com essa experiência. Mas isso só acontece desta forma porque o trabalho que se realiza no MHNC-UP, e, de uma forma geral, em todos os museus, é um trabalho colaborativo, que envolve uma multiplicidade de agentes que, de modo concertado, intervêm nas várias fases dos processos, e que incluem as diferentes equipas que dão corpo à instituição, mas também os seus públicos, os seus utilizadores. Mas passemos a uma breve enumeração que nos permita perceber então que desafios são esses e que, intencionalmente, deixa de lado aqueles desafios transversais e mais populares (ainda que não menos relevantes), que se colocam a todas as instituições, e que incluem a gestão eficiente de recursos e as fontes de financiamento, entre outras. Desde logo, a nossa imagem, a forma como nos apresentamos. O MHNC-UP tem um nome longo (e uma sigla de difícil leitura), e também uma estrutura complexa: é multipolar, ou polinucleado, como preferirem. Tem um polo no centro da cidade do Porto, no Edifício Histórico da Reitoria da Universidade do Porto, onde nasceram quer o Museu de História Natural, quer o Museu da Ciência, que estão na sua origem. E outro no Campo Alegre, que agrega o Jardim Botânico da Universidade do Porto e a Galeria da Biodiversidade – Centro Ciência Viva. Tem, portanto, um museu no sentido clássico, com coleções em exposição e reserva. Tem um centro de ciência. E um jardim botânico histórico. Cada polo/núcleo tem a sua identidade, o seu carácter. Mas o conjunto é uno no que diz respeito à sua visão, missão, valores e objetivos. As suas histórias cruzam-se, como se cruzam as histórias da Universidade e da cidade do Porto. Como se comunica a unidade perante a singularidade? Enfim, é um desafio, mas é também deste aparente paradoxo que decorre o poder da instituição.

Outro desafio: enquanto que o Jardim Botânico e a Galeria da Biodiversidade estão já plenamente abertos ao público, o Polo Central do MHNC-UP ainda só o está parcialmente, ao mesmo tempo que decorrem as necessárias intervenções de requalificação que nos darão também a oportunidade de o abrir integralmente. Assumindo-nos como um museu feito por

para pessoas, é para nós profundamente desafiante não poder ainda dar resposta a todas as solicitações que recebemos ou então que nos impomos. Não obstante, ao mesmo tempo, é uma oportunidade única ter o privilégio de participar neste processo de (re)construção. E, sobretudo, de o dar a conhecer às pessoas que nos visitam, de poder fazer com que estas se apropriem do projeto, do espaço. Mesmo que por vezes, o ruído ou pó de obra possa não ser tão romântico como se poderia esperar.

Ainda outro: à medida que diversificamos e aumentamos a oferta educativa e cultural, temos vindo a conseguir ampliar e fidelizar os públicos. Ainda que haja muito mais que devemos e podemos fazer a este nível, há uma questão que se coloca – Como equilibrar a vontade de renovar a oferta dirigida aos nossos públicos regulares e simultaneamente atrair novos públicos?

E outro: como nos poderemos tornar mais inclusivos? Será através da diversificação das experiências e conteúdos que apresentamos simultaneamente? Ou será criando experiências exclusivas dirigidas a grupos específicos, que se tornem cada vez mais frequentes?

E, para terminar, só mais um: ocupando o MHNC-UP espaços e edifícios históricos, como melhorar ainda mais a eficiência energética? Como poderemos, através das ações que realizamos, para além das histórias que contamos e das atividades que promovermos, demonstrar também o nosso compromisso com a sustentabilidade ambiental e com o combate à crise climática?

Com o apoio das nossas equipas, dirigentes e visitantes, temos vindo a encontrar e testar potenciais soluções para estes desafios. Seguimos.

Q3 - Pode partilhar alguns dos projetos em que está envolvida atualmente, tanto no Museu de História Natural e Ciência quanto no Centro Ciência Viva? Quais são os objetivos desses projetos e como contribuem para a promoção da ciência e da educação científica?

Bom, esta é uma pergunta verdadeiramente complicada. Porque a resposta implica uma escolha. E temos neste momento em curso no MHNC-UP diversos projetos educativos e de promoção da cultura científica igualmente interessantes e significativos, ainda que por diferentes razões. Mas compreendo que é importante não maçar os leitores, e, por isso, vou tentar escolher dois. Ou três. A maioria dos projetos em que estamos envolvidos são transversais, no sentido em que convocam, nalgum momento, os vários espaços do MHNC-UP, o acervo, a equipa. Um dos mais especiais, pela sua autenticidade e pelo envolvimento que gera, quer por parte da equipa do MHNC-UP e dos seus colaboradores, quer por parte dos participantes e das suas famílias será os Pequenos Naturalistas. Lançado em 2023 e a decorrer, nesta fase piloto, com o apoio mecenático da Fundação Belmiro de Azevedo, o programa *Pequenos Naturalistas* é uma iniciativa original do MHNC-UP, que convida crianças e jovens dos 5 aos 15 anos a descobrir o trabalho que diariamente se realiza num museu de ciência, desde o trabalho de bastidores focado no estudo, curadoria e conservação das coleções museológicas, até ao trabalho de disseminação e mediação cultural, através das mais diversas formas de expressão, passando pelo trabalho de campo, envolvendo o contacto direto com a natureza. Essencialmente, criámos um “museu dos (não tão) pequenitos”. Todo o tipo de ações que constituem o dia-a-dia no museu foram adaptadas às faixas etárias em questão e oferecidas em dois ciclos anuais – *Colecionar o mundo* e *Dar a conhecer o mundo* e num campo de férias – *Explorar o mundo*. Os ciclos anuais decorrem em formato de academia, de setembro a junho, com duas sessões por mês, manhã ou tarde, sempre aos sábados. Os campos de férias, com a duração de uma semana, decorrem em julho, em dois regimes: diurno, para os mais jovens, no Parque da Cidade do Porto; e residencial, para os mais

crescidos, na Paisagem Protegida do Corno do Bico, em Paredes de Coura. Os dinamizadores das ações são mesmo os elementos das equipas de curadores, serviço educativo e comunicação do MHNC-UP, bem como ilustres convidados especializados em áreas distintas (que podem ir do cinema, à ilustração, passando pelo *crochet*, música ou dança), de dentro e fora da esfera da Universidade do Porto, mas com os quais colaboramos regularmente no MHNC-UP. As ações são desenvolvidas tendo por base metodologias ativas que colocam os Pequenos Naturalistas no centro da ação. Para além do contacto com temas relevantes em todas as áreas do domínio das ciências naturais, exatas e humanas que estão representadas no MHNC-UP, os Pequenos Naturalistas tomam contacto e experimentam diversas técnicas e estratégias de estudo e divulgação do património natural e cultural, apropriam-se do MHNC-UP. Têm acesso a todos os espaços, mesmo os que não estão normalmente acessíveis aos visitantes regulares (incluindo as reservas), fazem perguntas, contam as suas histórias, interagem, convivem e brincam. Experimentam o museu. Crescem enquanto vivem a natureza. Este programa tem também uma componente de impacto social, já que 50 % das vagas são destinadas a crianças e jovens em situação de fragilidade socioeconómica. É um programa inspirador, pelos resultados que tem vindo a oferecer e pelo efeito de coesão que tem tido na própria equipa do MHNC-UP, bem como pela aprendizagem que lhe tem proporcionado.

Com as mãos na terra é outro programa que adoro, começando desde logo pelo título, profundamente autoexplicativo. Este é um programa de voluntariado a decorrer no Jardim Botânico da Universidade do Porto, aberto a todas as pessoas. Foi lançado durante o primeiro período de desconfinamento na altura da pandemia e desde então tornou-se num dos mais simbólicos que promovemos. Em linhas muito gerais, o que está em jogo é mesmo o que já adivinharam: fazer jardinagem, fazer manutenção das coleções e espaços do Jardim. Em sessões semanais (reforçadas em frequência no verão), orientados pela equipa de curadores e horticultores do Jardim Botânico, os participantes regressam mesmo à natureza, manipulando espécimes de plantas, conhecendo a sua biologia, percebendo os seus ritmos, acompanhando os ciclos naturais e contribuindo para a valorização e preservação deste incrível património vivo que serviu de inspiração à obra de Sophia de Mello Breyner Andresen e de Ruben A., tirando ao mesmo tempo partido dos benefícios que advêm desta ação para o seu bem-estar. É muito bonito. E, tal como nos nossos Pequenos Naturalistas, temos também muito orgulho nos Amigos do Jardim.

Agora, pensando especificamente na Galeria da Biodiversidade, há uma dupla de iniciativas que tenho de destacar e que correspondem a projetos promovidos pela Ciência Viva: a Escola Ciência Viva da Galeria da Biodiversidade, desenvolvida em parceria com o Planetário do Porto – Centro Ciência Viva e com o apoio da Câmara Municipal do Porto, e os Clubes Ciência Viva na Escola. No âmbito da *Escola Ciência Viva da Terra e do Espaço*, recebemos durante uma semana uma turma de alunos do 4.º ano do 1.º ciclo do ensino básico de escolas do Porto, que participam numa seleção de atividades experimentais (incluindo trabalho laboratorial e de campo) e de contacto direto com investigadores e artistas, e que, através das mesmas tentam responder à pergunta fundamental “Porque é que só há vida (e tanta!) no planeta Terra?”. Já no caso dos Clubes Ciência Viva na Escola, temos vindo a dar apoio aos projetos de mais de quatro dezenas de escolas e agrupamentos e dos seus clubes. O nosso apoio é, na verdade, um apontamento, mas que nos permite acompanhar o trabalho extraordinário de dedicadíssimos alunos e professores que revelam uma profunda paixão pela ciência e pela tecnologia. E a mim, pessoalmente, faz-me regressar ao tempo da “escola preparatória”, quando também eu pertenci

ao clube de ciência da escola, num percurso que me levaria à biologia, e depois à educação e comunicação de ciência. Através deste programa, a Ciência Viva conseguiu revitalizar um recurso poderosíssimo, altamente motivador das crianças e jovens curiosos, cujas mentes não se cansam de fazer perguntas. E que permite valorizar o espantoso trabalho dos incansáveis professores que, como nós no MHNC-UP, se recusam a deixar de ser eles próprios essas crianças!

Eu tinha referido três exemplos, não foi? Peço desculpa...! Tenho só mais um: o programa Férias com Museu – a decorrer, sazonalmente, em todas as pausas letivas (Carnaval, Páscoa, Verão – no seu expoente máximo, e Natal) e dirigido a crianças dos 6 aos 12 anos. Recorrendo às artes plásticas, às saídas de campo, a estratégias de reutilização, reciclagem e reconversão de materiais, e até à culinária, entre outras estratégias, este programa é pura alegria. Os participantes trabalham temas relevantes como a sustentabilidade, a conservação da natureza, a ecologia, ou a regeneração ambiental, através de projetos criativos que lhes permitem também desenvolver a imaginação. É mesmo muito interessante.

Q4 - Sabemos que é fundamental promover a integração entre a educação formal e não formal. De que forma os educadores em ciências, matemática e tecnologia podem aproveitar os recursos dos centros de ciência e museus para complementar o ensino em sala de aula e criar experiências de aprendizagem mais contextualizadas, dinâmicas e interativas?

É verdade. Sabemos que é essencial promover esta integração e articulação. E sabemos também que a fração mais significativa dos públicos dos museus e centros de ciência é, à escala global e salvo raras exceções, a comunidade escolar. São os professores que, perante boas experiências tidas na visita e interação com estes espaços e as suas equipas, a eles regressam, com novas turmas e novas ideias de projetos. Por isso, não é surpreendente que muita da oferta preparada por estas instituições lhes seja especificamente dirigida. Anualmente, museus e centros de ciência lançam os seus programas de oferta educativa, usualmente no início do ano letivo, permitindo a integração das atividades que promovem nas planificações e projetos escolares. Os museus e centros de ciência não são escolas. E nunca as poderão substituir. Mas estes programas são preparados tendo preocupações claras com o alinhamento curricular. Procurando orientar os professores na apreciação da adequação dos mesmos às suas necessidades. Claro que é difícil substituir a visita a estes espaços, que reúnem todos os elementos de interatividade e novidade que podem potenciar uma maior motivação para a aprendizagem dos mais diversos conceitos e fenómenos. Mas raros são os casos em que, para além da oferta de visitas orientadas temáticas e de atividades práticas a decorrer no espaço do museu, não existe também a oferta de ações a decorrer na sala de aula, ou na escola – desde atividades práticas a palestras, a oferta é ampla e crescente. Os museus e centros de ciência, como o MHNC-UP, oferecem também atividades que decorrem fora dos seus espaços e da escola: saídas de campo. E existe também uma ampla oferta de recursos digitais/online, até mesmo de visitas orientadas. E toda esta oferta inclui normalmente um conjunto de materiais e recursos que são disponibilizados aos professores para utilização autónoma ou orientada com os seus alunos. A par desta oferta, é frequente existir a possibilidade de colaboração em projetos longitudinais ou mais breves, personalizados, de modo a concretizar a visão dos professores e a apoiar a sua prática. Existe o apoio à exploração destes espaços como recursos educativos: começando com visitas de prospeção aos mesmos, para contacto com as oportunidades que oferecem, até ao apoio à dinamização de sessões de preparação da visita/atividade a realizar e de discussão e sistematização dos aspetos abordados. E existe ainda uma oferta muito relevante, a nível da

formação de professores: mais frequentemente, mas não só, ações de curta de duração promovidas autonomamente ou em parceria com outras entidades, focadas em temas de relevância para os professores, que possam conduzir a uma exploração mais eficiente destes espaços.

Q5 - Como encara a incorporação de metodologias ativas de aprendizagem nos programas educativos dos museus e centros de ciência? Qual é o papel dos educadores em ciências nesse processo?

A maioria dos museus e centros de ciência recorre já a metodologias ativas. A possibilidade de convocar os visitantes e participantes em atividades para o centro do processo de aprendizagem está implícita na sua visão. E, com efeito, temos assistido inclusivamente a uma evolução no tipo de desafio apresentado aos visitantes/participantes: mais do que um envolvimento físico, inerente aos populares elementos de interatividade que caracterizam, sobretudo, os centros de ciência, exige-se hoje um envolvimento cognitivo que, muitas vezes é antecedido por um envolvimento afetivo. Não é, pois, possível estimular este nível de participação sem recurso a metodologias ativas. Mesmo na interação dos monitores e guias com os visitantes, seja no contexto de visitas orientadas ou na realização de atividades (e por vezes mesmo na interação com visitantes individuais e/ou em grupo familiar) está normalmente representada esta preocupação. Até nas palestras, por natureza mais transmissivas, são incorporados elementos de jogos, de pergunta-resposta, de desafio. Tudo para estimular este tão importante envolvimento.

Se pensarmos no papel dos educadores em ciências no seu papel como profissionais dos serviços educativos dos museus e centros de ciência (e note-se que muitos destes profissionais têm formação como professores – alguns são efetivamente professores, em mobilidade, por exemplo), este não é muito diferente daquele que se espera hoje que seja o papel do professor em contexto sala de aula: um mediador, um potenciador, um desafiador. Alguém que orienta, mas que já não dá respostas, alguém que instiga a pensar e a questionar.

Já no caso dos educadores que acompanham os seus grupos na exploração de museus e centros de ciência, cabe-lhes decidir que papel pretendem assumir nestas interações. A maior parte destes espaços disponibiliza desde experiências totalmente autónomas em que não há mobilização de guias ou monitores, até experiências perfeitamente orientadas em que estes quase substituem os educadores. Não me parece que haja fórmulas perfeitas ou exclusivas: pelo contrário, o sucesso pode advir da sensibilidade necessária para perceber as dinâmicas dos grupos e auscultar as expectativas e necessidade dos mesmos, tomando-as em consideração. Seja qual for o caso, estas ações podem ser sempre preparadas em conjunto pelos educadores e pelas equipas dos museus e centros de ciência, o que se revela frequentemente proveitoso para todos.

Q6 - O crescimento das *fake news* e da desinformação, juntamente com a proliferação de ferramentas de Inteligência Artificial generativa, representa um grande desafio para a comunicação científica. Como é que a missão dos museus e centros de ciência se tem adequado a esta realidade?

Tal como já tive oportunidade de referir, os museus e centros de ciência continuam a ser instituições confiáveis, que veiculam mensagens que a sociedade civil percebe como sendo precisas e fidedignas. Esta perceção pública contribuiu para o papel que têm vindo a

desempenhar na mitigação da desinformação. Tendo em conta a dimensão e impacto do fenómeno, este papel é particularmente importante. Os museus e centros de ciência estão nas redes sociais e usam os canais de comunicação que estão amplamente acessíveis a todos os públicos, incluindo os mais jovens, o que lhes permite estar diretamente em contacto com muitas das fontes de notícias falsas, competindo com as mesmas pela atenção das pessoas. Isentos ou expressando visões políticas, os museus e centros de ciência são espaços seguros, que escapam à hierarquização por valorizarem o método científico. São palco de debate, discussão e reflexão, convocando agentes com perfis diversos e opiniões divergentes, abraçam o ativismo informado e não radical. Apela não à perseguição ou à exclusão, mas sim ao diálogo, à liberdade e à ponderação. Este seu posicionamento é cada vez mais relevante no presente e deverá ser consolidado no futuro.

Quanto à Inteligência Artificial, as potencialidades e limitações desta nova e poderosa tecnologia têm sido alvo de debate na comunidade de museus e centros de ciência. Com efeito, muitas são as instituições que recorrem já à mesma para produção de conteúdo e também para a capacitação e sensibilização dos seus públicos em relação às suas potencialidades e limitações.

Quer num domínio, quer no outro, é fundamental trabalhar o espírito crítico e a literacia digital e de informação. E a maioria dos museus e centros de ciência tem estado bem atentos a esta necessidade, atuando no sentido de dar o seu contributo a este nível.

Q7 - Como vê o papel dos museus e centros de ciência na promoção de projetos de ciência cidadã? Quais são as oportunidades para envolver o público, especialmente os jovens, em atividades científicas que contribuam para a investigação e a compreensão científica?

Os museus e centros de ciência têm sido pioneiros no desenvolvimento de projetos de ciência cidadã. Muitas vezes trabalhando em parceria com centros de investigação ou outras entidades, promovem projetos que podem ir dos *bioblitz* às campanhas de transcrição ou análise de imagens colaborativas. As opções são imensas e as oportunidades são inúmeras.

Há um poder enorme nos projetos que resultam na produção de novo conhecimento. E não há dúvida de que a ciência cidadã oferece um enquadramento exceção para a participação pública no empreendimento científico. Não se trata de desresponsabilização, inversão ou substituição de papéis, já que a distribuição de papéis está devidamente assegurada, com a sociedade civil a gerar dados que são depois validados pelos especialistas. Mas a colaboração e a transparência dos processos permitem uma aproximação que nem sempre é passível de consecução através de outras abordagens. E por isso não é surpreendente que os museus e os centros de ciência potenciem este tipo de abordagem.

A participação em projetos de ciência cidadã coloca o público em contacto direto com as várias fases do método científico e permite dar a conhecer alguns dos desafios e particularidades da forma como se faz ciência. Mais do que nos resultados desse processo, a atenção é centrada no processo em si, nos procedimentos e nas singularidades. E a diversidade de metodologias e abordagens que pode explorar neste contexto é imensa, envolvendo desde ações que requerem o contacto direto com os objetos de estudo a ações que envolvem a utilização de plataformas digitais. No caso em particular do MHNC-UP temos regularmente em curso atividades de contacto com a natureza, que envolvem a observação e identificação de fauna e flora, muitas vezes através de registo fotográfico e recorrendo a plataformas como o *iNaturalist*. Mas temos também projetos de transcrição de documentação de arquivo, incluindo correspondência, como é o caso

do projeto *Dear Monsieur Sampaio...*, alojado na plataforma *Zooniverse*, e através do qual se disponibiliza a correspondência de Gonçalo Sampaio, integrada no arquivo do Herbário do MHNC-UP para transcrição, permitindo desvendar as redes de contactos desta incontornável personalidade histórica.

Outro aspeto muito positivo associado aos projetos de ciência cidadã é que, dependendo da forma como são concebidos, podem ser desenvolvidos a diferentes ritmos e em diferentes contextos. Por exemplo, quando são sujeitos a curadoria ou mediação, nomeadamente por parte de educadores, atuando quer em contexto formal, quer em contexto não formal, podem envolver grandes grupos de participantes, incluindo os mais jovens, dando-lhes a oportunidade de perceber os resultados diretos do seu trabalho de investigação.

Q8 - Que sugestões daria aos jovens profissionais ou estudantes interessados em seguir uma carreira na área da comunicação das ciências?

Logo à partida, que leiam, leiam, leiam...! Bibliografia, mas também notícias. Que assistam a todos os documentários e palestras que puderem, que participem em todas as oficinas e atividades que puderem, que explorem todas as abordagens e estratégias que conseguirem. A comunicação de ciência é uma área que continua em franca expansão e cuja relevância tem vindo a aumentar, especialmente no contexto do já descrito universo de desinformação (e de desresponsabilização) em que vivemos. Por isso, importa perceber como funciona a ciência, antes de mais. Importa conhecer a sua história, a sua natureza. Importa saber o que se sabe hoje, selecionando as fontes em que recolhemos as informações que usamos. E importa igualmente perceber como se estabelecem as dinâmicas de comunicação que caracterizam a nossa espécie, como têm vindo a evoluir na artificialidade do mundo que inventámos e como mantém quase imutáveis aspetos originalmente existentes, muitos dos quais partilhados com outras espécies. Há que ter sensibilidade em relação aos contextos culturais, políticos, sociais, económicos, ambientais, entre outros, em que o conhecimento é produzido, mas também, manipulado. E este conhecimento e esta experiência só se constroem estudando, alimentando a curiosidade e a vontade de saber mais. Não deixando esmorecer as perguntas, mas multiplicando-as.

Por outro lado, o campo tem vindo a tornar-se progressivamente mais vasto, pelo que também interessa perceber as dinâmicas que se têm vindo a estabelecer, as ferramentas utilizadas e os canais explorados. Percebemos que, especialmente, as camadas mais jovens são, por vezes, quase mais produtoras de informação e conteúdo do que consumidoras. É importante perceber quais são as fontes de inspiração do nosso público, quais os seus interesses. Não basta perceber a relevância da mensagem que temos a partilhar: é essencial conhecer bem aqueles com quem estamos a comunicar.

Mais do que transmitir informação, é importante que procuremos mobilizar o público. Logo, a nossa ação deve ser pensada para que, de forma sistemática, levemos as pessoas a questionar, a interrogar-se, a posicionar-se criticamente perante os factos. Não se trata de instigar o ceticismo generalizado, mas de incentivar a escolha informada das fontes que são usadas, a comparação de evidências, a interpretação de dados. Trata-se de sublinhar que a ciência não avança confirmando hipóteses, mas sim procurando refutá-las. E que o corpo de conhecimento que hoje nos orienta, amanhã pode ser substituído parcial ou totalmente. E que isso não é motivo para angústia ou frustração, mas é apenas um reflexo da forma como vamos percebendo o mundo.

Mas, sobretudo, sugiro que não deixem de ser curiosos, que não parem de fazer perguntas e que se esforcem para partilhar essa curiosidade e também a paixão que seguramente têm pela ciência (porque se assim não fosse não estariam a considerar esta área profissional) com todas as outras pessoas.

4. PARA SABER MAIS...

Links:

<https://www.cienciavtae.pt//2A14-2421-AC6E>

<https://www.linkedin.com/in/maria-jo%C3%A3o-fonseca-3a72a420/>

VOLUME 6 | NÚMERO 1

MAIO 2025

Revista
APEduC
Journal

INVESTIGAÇÃO E PRÁTICAS EM EDUCAÇÃO EM
CIÊNCIAS, MATEMÁTICA E TECNOLOGIA

RESEARCH AND PRACTICES IN SCIENCE,
MATHEMATICS AND TECHNOLOGY EDUCATION

ISSN: 2184-7436

