



XVII Congreso Internacional Gallego-Portugués de Psicopedagogía

IV Congreso de la A.C.I.P.

Manuel Peralbo, Alicia Risso, Alfonso Barca, Juan Carlos Brenlla, Bento Duarte,
Leandro Almeida y Anabela Cruz-Santos



A Coruña, 2023

Facultad de Ciencias de la Educación

Actas del XVII Congreso Internacional Gallego-Portugués de Psicopedagogía /IV
Congreso de la Asociación Científica Internacional de Psicopedagogía

(A Coruña, 30, 31 de agosto y 1 de septiembre de 2023)

Editores:

Manuel Peralbo <<https://orcid.org/0000-0002-0013-3423>>

Alicia Risso <<https://orcid.org/0000-0001-6955-363X>>

Alfonso Barca <<https://orcid.org/0000-0002-0618-8273>>

Bento Duarte <<https://orcid.org/0000-0001-5394-5620>>

Leandro Almeida <<https://orcid.org/0000-0002-0651-7014>>

Juan Carlos Brenlla <<https://orcid.org/0000-0003-0686-3934>>

Anabela Cruz Santos <<https://orcid.org/0000-0002-9985-8466>>



Colabora: Vicerreitoría de Política Científica, Investigación e Transferencia

Universidade da Coruña

Edición: Universidade da Coruña, Servizo de Publicacións
<www.udc.gal/publicacions>

Colección: Cursos _congresos _simposios, n.º CCS-158

N.º de páxinas: xii + 2160

DOI: : <https://doi.org/10.17979/spudc.000026>

Handle (URL do RUC): <http://hdl.handle.net/2183/34553>



A concetualização do trabalho prático no ensino das ciências: Dados de uma revisão sistemática da literatura

Hugo Oliveira (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6802-1604>)¹,

Jorge Bonito (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5600-0363>)^{1,2}

¹ Centro de Investigação em Educação e Psicologia da Universidade de Évora – Portugal

² Centro de Investigação em Didática e Tecnologia na Formação de Formadores da Universidade de Aveiro - Portugal

Correspondência: Hugo Oliveira, hmjo@uevora.pt

Financiamento:

Este trabalho é financiado por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito dos projetos UIDB/00194/2020 e UIDB/04312/2020.

Resumo

O trabalho prático, no ensino das ciências, tem vindo a ser considerado como uma metodologia essencial da prática quotidiana dos professores de ciências, particularmente a partir da década de 1960. Para este paradigma contribui o facto das inúmeras vantagens que lhe são imputadas. No entanto, para se conhecer com maior propriedade a relevância do trabalho prático no ensino das ciências, interessa descortinar a visão que os professores têm sobre as dinâmicas desta metodologia. Deste modo, com o objetivo de se reconhecer o atual estado da arte sobre a concetualização do trabalho prático, percecionada e assumida por investigadores e professores de ciências na sua prática letiva, foi elaborada uma revisão sistemática da literatura em quatro bases de dados e um agregador. Apuraram-se 53 publicações científicas internacionais. Consideraram-se como critérios de inclusão, para a constituição do *corpus*, documentos completos e disponíveis em *open access*, estudos revistos por pares, estudos desenvolvidos em/sobre o ensino das ciências em estabelecimentos de ensino pré-universitário e publicações escritas em inglês. Os critérios de exclusão foram delineados no sentido de removerem publicações resultantes de revisões sistemáticas de literatura, relatórios de finais de licenciatura, dissertações de

mestrado e também publicações anteriores a 2011. A análise do *corpus* permitiu distribuir os elementos entendidos como estruturantes no conceito de trabalho prático por oito categorias, sendo a mais representativa a que integra a conceção de “*hands-on skills*”, que assume uma interação direta com equipamentos ou materiais, individualmente ou em pequenos grupos, contemplando observação e/ou manipulação.

Palavras-chave: Ensino das ciências, trabalho prático, revisão sistemática da literatura

The conceptualisation of practical work in science education: Data from a systematic literature review

Abstract

Practical work in science education has been considered an essential methodology in the daily practice of science teachers, particularly from the 1960s to the present day. For this paradigm contributes the many advantages attributed to it. However, in order to better understand the relevance of practical work in science education, it is important to discover the vision that teachers have about the dynamics of this methodology. Thus, with the purpose of identifying the current state-of-the-art on the conceptualisation of practical work, as perceived and assumed by researchers and science teachers in their teaching practice, a systematic literature review was conducted in four databases and an aggregator. A total of 53 international scientific publications were identified. The inclusion criteria for the corpus were: complete documents available in open access, peer-reviewed studies, studies developed in/about science teaching in pre-university teaching schools, and publications written in English. The exclusion criteria were designed to remove from the data collection publications resulting from systematic literature reviews, final degree reports, master's dissertations and also publications prior to 2011. The analysis of the corpus allowed the distribution of the elements considered as structuring of the practical work concept into eight categories, with the most representative one integrating the concept of "hands-on skills", which assumes a direct interaction with

equipment or materials, individually or in small groups, including observation and/or manipulation.

Keywords: Science education, practical work, systematic literature review.

O papel do trabalho prático no ensino das ciências tem sido, desde longa data, um tema de intenso debate e reflexão, função da experimentação científica ser entendida como um marco da ciência moderna, particularmente, a partir dos dias de Bacon (Rheinberger, 2001). A reflexão sobre o ensino das ciências e, mais especificamente, sobre o desenvolvimento do trabalho prático, assumiu especial relevância, no início da década de 1960, nos Estados Unidos da América, em pleno clima de guerra fria, a partir do momento em que a União das Repúblicas Socialistas Soviéticas lançou o primeiro satélite a orbitar a Terra. Mayer (1964) escreve que “*the impact of this grape-fruit sized object on the American ego was several orders of magnitude greater than any event of this century*” (p. 226). Estava dado o passo que faltava para o desencadeamento de uma profunda revolução, tanto nos currículos como nas metodologias aplicadas no ensino das ciências, com ecos que rapidamente se fizeram sentir um pouco por todo o globo. Programas como o *Biological Sciences Curriculum Study (BSCS)* e o *Earth Science Curriculum Project (ESCP)* estabelecem que, para além do seu conteúdo, os programas das Ciências Biológicas e das Geociências devem refletir a partir desse momento, respetivamente, o empreendimento de ciência no seu âmbito mais alargado, assumindo um espírito mais investigativo, contrariando o seu ensino como meras ciências observacionais. Para se atingir este objetivo haveria que se incluir atividades práticas investigativas, laboratoriais e de campo nos programas destas áreas do conhecimento. Em simultâneo, estaria também implícita a necessidade de criação de novos materiais que permitissem o adequado desenvolvimento de novas estratégias e abordagens de ensino, atribuindo-se uma grande ênfase à utilização de recursos multimédia. Neste movimento, envolveram-se cientistas que desenvolveram um importante trabalho colaborativo, integrando professores de ciências do ensino secundário, bem como educadores em ciência, nas suas equipas de trabalho (Heller, 1964). No final do século XX, o trabalho prático continuou a gozar de um estatuto privilegiado no ensino das ciências, porém Hodson (1996) argumenta que, paradoxalmente, o trabalho prático é simultaneamente

sobre-utilizado e subutilizado. Sobre-utilizado, no sentido em que os professores o desenvolvem na expectativa de virem a atingir todos os objetivos da aprendizagem em ciências. E subutilizado, na medida em que o seu real potencial raramente é explorado na sua totalidade. De forma a sair desta situação confusa e educacionalmente improdutivo, o autor propõe uma reconcetualização do trabalho prático, em termos de três propósitos associados, que contribuiriam para ajudar os alunos a: *a)* aprender ciência – factos, conceitos, esquemas concetuais; *b)* aprender sobre ciência, desenvolvendo uma compreensão sobre a natureza e os métodos científicos, bem como a consciência das interações complexas entre a ciência, a tecnologia, a sociedade e o ambiente; e *c)* torná-los capazes de fazer ciência – envolvendo-os e desenvolvendo experiência na investigação científica e na resolução de problemas (Hodson, 1996). Refletindo sobre os argumentos que justificam a realização do trabalho prático, Wellington (1998) sugere que estes podem ser agrupados em três domínios principais: o cognitivo, o afetivo, e o das *skills* e processos. No entanto, o autor demonstra no seu estudo que, para cada conjunto de argumentos utilizados em favor do trabalho prático, existem também contra-argumentos. Por exemplo, em relação ao domínio cognitivo, Wellington (1998) chega à conclusão que em certas situações o trabalho prático pode confundir tão facilmente como pode clarificar ou ajudar a compreensão concetual. A investigação em ciências refere-se à forma como os cientistas estudam, expõem ideias, explicam e justificam proposições acerca do mundo natural, partindo das evidências resultantes do trabalho científico (Hofstein & Lunetta, 2003; Koliander, 2019; Millar & Abrahams, 2009; Osborne, 2014) e, igualmente, de modos mais autênticos através dos quais os alunos podem investigar o mundo natural, propor ideias, explicar e justificar afirmações baseadas em evidências, adquirindo e desenvolvendo a atitude científica (Aydin et al., 2022; Itzek-Greulich & Vollmer, 2017; Shana & Abulibdeh, 2020). Por seu turno, Wei e Li (2017) estudaram as perceções dos professores sobre a experimentação científica e as implicações para a reestruturação do trabalho prático no ensino das ciências, desenvolvido por cientistas e por alunos nas escolas. Os resultados da sua investigação sugerem que as visões dos participantes sobre a experimentação são geralmente enquadradas em oito dimensões: concetual, epistemológica, procedimental, material, social, segurança, temporal e pedagógica.

Com base neste enquadramento, este artigo apresenta os resultados de uma revisão sistemática da literatura, sobre o estado da arte do desenvolvimento do trabalho prático no ensino das ciências, adotando procedimentos explícitos e sistemáticos na sua realização, e tornando o surgimento de vieses introduzidos pelos seus autores menos provável (Bryman, 2012; Gough et al., 2012; Page et al., 2021). A investigação teve como base a interrogativa acerca do atual estado da arte sobre o trabalho prático no ensino das ciências, ao nível do ensino pré-universitário, em concreto, os aspetos que se encontram integrados no conceito de trabalho prático. Pretende-se que esta revisão possa essencialmente refletir a perspetiva de alunos, professores e investigadores sobre esta matéria.

Método

Bases de dados, questão de investigação e palavras-chave

O processo de coleta de dados realizou-se em quatro bases de dados internacionais (*ERIC, Google Scholar; Scopus, Web of Science*) e num agregador de bases de dados português (*B-on*). A pesquisa respeitou os pressupostos estabelecidos num protocolo de pesquisa, onde se integraram, inclusive, critérios de inclusão e de exclusão, com o intuito de se identificarem os documentos mais relevantes para desenvolvimento desta revisão. No protocolo incluem-se, também, os objetivos associados a esta revisão sistemática, a grande questão de investigação, bem como as palavras-chave essenciais a aplicar na pesquisa. O primeiro passo passou por formular a grande questão orientadora de toda a investigação, recorrendo-se, para o efeito, à ferramenta de estratégia de pesquisa *SPIDER* – *Sample, Phenomenon of Interest; Design, Evaluation, Research type* –, por se considerar melhor adaptada a investigações de natureza qualitativa do que a estratégia *PICO* – *Population, Intervention, Comparison, Outcome* (Cooke et al., 2012). A *sample* considerada foram as instituições de ensino pré-universitário. O *phenomenon of Interest* identificado foi a realização de trabalho prático no ensino das ciências. O *design* envolveu uma abordagem qualitativa materializada na realização de uma revisão sistemática da literatura. A *evaluation* consistiu na determinação do estado da arte sobre implementação do trabalho prático no ensino das ciências, e, por último, determinou-se que *research type* incluiria estudos realizados com metodologia quantitativa, qualitativa, e também de

metodologia mista. Partindo da questão de investigação, para a pesquisa nas diferentes bases de dados e agregador selecionados foram definidas as palavras-chave: *practical work, science education, secondary schools*.

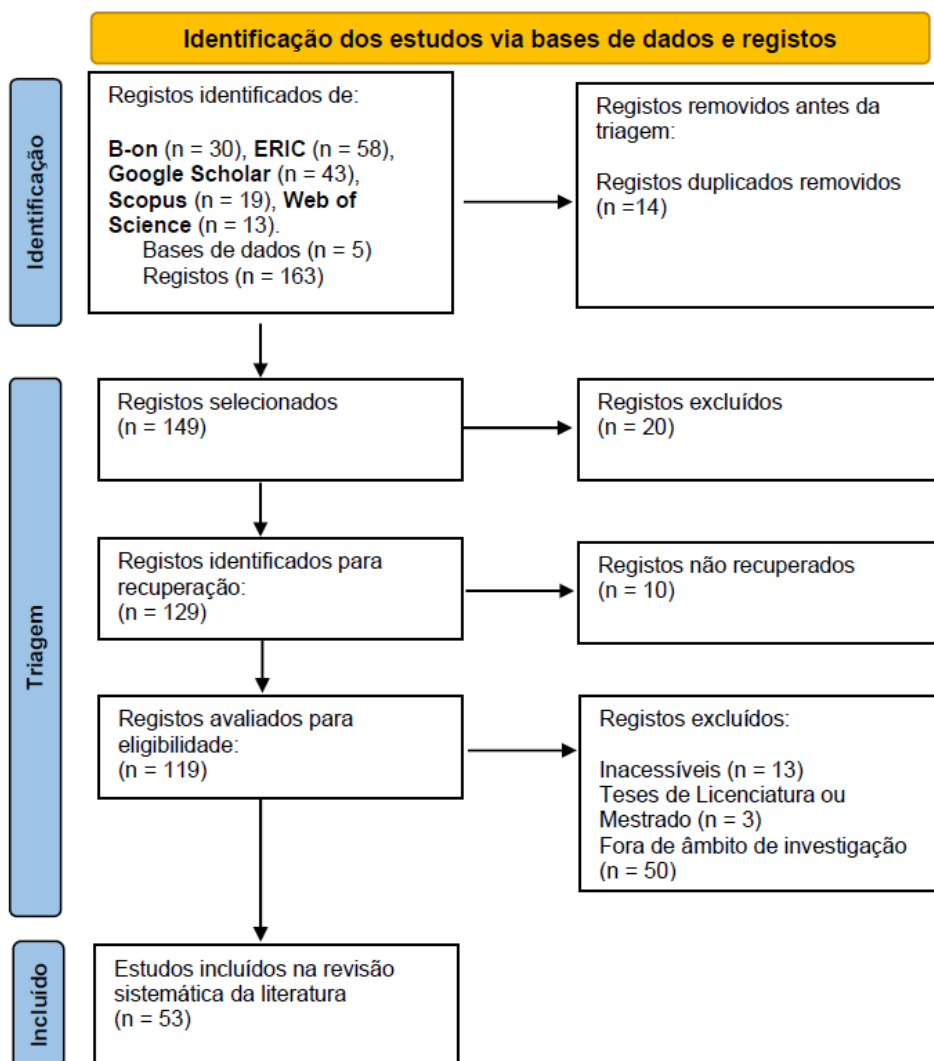
Síntese de resultados de pesquisa e avaliação de qualidade

A pesquisa nas quatro bases de dados e no aglomerador de bases de dados selecionado foi realizada em 20 de julho 2021. Após a aplicação das palavras-chave definidas, utilizando descritores adequados, empregando operadores booleanos específicos e cumprindo os critérios estabelecidos no protocolo de investigação desenhado, o resultado inicial da coleta de dados encontrou 163 publicações com potencial interesse (Figura 1).

Numa etapa subsequente, procedeu-se à remoção de publicações duplicadas ($n = 14$) antes de se avançar para a fase de triagem, apurando-se 149 publicações. Na fase inicial do processo de triagem, foram excluídas algumas publicações por análise à adequabilidade do título ($n = 20$), ficando as remanescentes identificadas para recuperação ($n = 129$). Destes últimos registos, um pequeno número não foi recuperado, após uma análise à adequabilidade do *abstract* ($n = 10$). Deste modo, 119 registos foram avaliados para elegibilidade, sendo que alguns destes se mostraram inacessíveis ($n = 13$), outros correspondiam a teses de licenciatura ou a dissertações de mestrado ($n = 3$) e outros corresponderam a publicações enquadradas fora do âmbito da investigação ($n = 50$), isto é, não abordavam, de modo claro e inequívoco, uma ou mais das seguintes dimensões relativamente ao trabalho prático: conceito, vantagens, metodologias / tipologias de avaliação; limitações. No final do processo de triagem foram selecionados 53 estudos para constituírem o *corpus* desta revisão sistemática da literatura. O processo de identificação dos estudos considerados encontra-se representado pelo diagrama de fluxo PRISMA (2022) (Figura 1).

Figura 1

Resultados triagem para constituição do corpus



A análise, caracterização e organização dos estudos foi realizada com o apoio do *software* de gestão bibliográfica *Mendeley*, tendo sido efetuada a pesquisa sobre as seguintes dimensões do trabalho prático: conceito, vantagens; metodologias / tipologias de avaliação; limitações. Os resultados foram registados num ficheiro .docx para posterior análise. Por fim, procedeu-se à síntese dos dados e avaliação da qualidade da evidência, através da triangulação da informação obtida com base em cada estudo individual,

integrando-a numa visão holística do estado da arte sobre o trabalho prático nos últimos 10 anos, com vista à disseminação dos resultados obtidos através da sua publicação.

Resultados e Discussão

A análise do *corpus* revela que a maioria dos estudos apresenta uma abordagem de investigação qualitativa (n = 31; 58.5%), seguindo-se os estudos de caris quantitativo (n = 18; 34.0%) e os que adotaram uma abordagem de investigação mista, fundindo métodos tanto de recolha como de análise de dados qualitativos, com métodos quantitativos (n = 4; 7.5%) (Tabela 1).

Tabela 1

Organização do corpus por metodologia de investigação

Abordagem de pesquisa	f (%)	Design de investigação	f (%)	Estudos
Pesquisa Qualitativa	31 (58.5)	<i>(Multiple) Case study research</i>	17 (32.1)	S2, S7, S9, S11, S13, S17, S19, S25-S27, S29, S31, S34, S35, S37, S45, S46
		<i>Documentary analysis</i>	7 (13,2)	S10, S15, S24, S41, S48, S50, S52
		<i>Grounded theory approach</i>	3 (3.8)	S8, S33
		<i>Group-interview study</i>	1 (1.9)	S51
		<i>Design research</i>	1 (1.9)	S16
		<i>Practical epistemology analysis</i>	1 (1.9)	S18
		<i>Qualitative participatory research design</i>	1 (1.9)	S28
		<i>Narrative critical evaluation</i>	1 (1.9)	S39

Abordagem de pesquisa	<i>f</i> (%)	Design de investigação	<i>f</i> (%)	Estudos
Pesquisa Quantitativa	18 (34.0)	<i>Survey</i>	10 (18.9)	S4, S5, S21, S22, S32, S36, S38, S40, S42, S49
		<i>Quasi-experimental research</i>	6 (11.3)	S6, S12, S14, S23, S44, S47
		<i>Cluster randomized trial</i>	1 (1.9)	S20
		<i>Fuzzi delphi technique and Analytic hierarchy process</i>	1 (1.9)	S53
Pesquisa com Métodos Mistos	4 (7.5)	<i>Exploratory sequential mixed methods</i>	1 (1.9)	S1
		<i>Convergent mixed methods</i>	1 (1.9)	S3
		<i>Explanatory sequential mixed methods</i>	1 (1.9)	S30
		<i>Design-based research approach</i>	1 (1.9)	S43

O conceito de trabalho prático

Não existe um consenso muito alargado sobre a definição de trabalho prático. É possível encontrar referências a diversos autores que, por sua vez, apresentam conceções diferentes quanto à caracterização do conceito de trabalho prático. Por outro lado, são também observáveis algumas semelhanças, nesta questão concetual, entre os estudos internacionais aqui considerados. A análise de conteúdo das diferentes investigações permitiu o estabelecimento de uma distribuição dos estudos por 8 categorias estruturantes. Na tabela 2 apresentam-se os resultados obtidos para cada uma das dimensões em análise.

Tabela 2

Elementos integrados no conceito de trabalho prático

Categories	<i>f</i> (%)	Estudos
<i>Hands-on skills</i>	37 (69,8)	S3, S4, S7-S11, S15, S16, S18, S20, S21, S23-S25, S27-S30, S32-S34, S36-S38, S40-S50, S52
Mobilização de competências	32 (60,4)	S8 - S11, S15, S16, S18, S20, S21, S23, S24, S25, S27-S30, S32-S34, S36-S38, S40-S45, S48-S50, S52
<i>Minds-on skills</i>	20 (37,8)	S3, S15, S16, S19, S20, S23, S26, S28, S29, S35-S37, S41-S45, S48, S50, S52
<i>Inquiry-based learning (IBL)</i>	12 (22.6)	S4, S11, S21, S24, S27, S29, S34, S37, S38, S43, S51, S52
Aprendizagem através de experiências quotidianas	4 (7.5)	S12, S29, S33, S35
Comunicação científica	3 (5.7)	S4, S24, S27
Alternativa acessível para as aprendizagens	1 (1.9)	S19
Estudos onde o conceito de trabalho prático não foi abordado	8 (15.1)	S3, S14, S17, S18, S22, S31, S39, S53

Alguns estudos integram o conceito de “*hands-on skills*” no de trabalho prático (S3, S4, S7-S11, S15, S16, S18, S20, S21, S23-S25, S27-S30, S32-S34, S36-S38, S40-S50, S52). Assim, em 69.8% ($f = 37$) dos estudos assume-se uma conceção de trabalho prático que representa uma interação direta com equipamentos ou materiais, individualmente ou em pequenos grupos, contemplando observação e/ou manipulação, particularmente associada a atividades práticas. Outros, porém, associam o trabalho prático à mobilização de competências práticas de manipulação de materiais aplicadas a processos científicos investigativos (S8-S11, S15, S16, S18, S20, S21, S23-S25, S27-S30, S32-S34, S36-S38, S40-S45, S48-S50, S52). Nesta categoria encontram-se 60.4 % ($f = 32$) dos estudos em análise.

O fator que assume proeminente relevância na definição do conceito, para outro grupo de estudos (37.8%, $f = 20$), é o facto de o trabalho prático pressupor a mobilização de conhecimento científico, de modo a permitir a compreensão dos processos de determinados fenómenos, em consonância com uma abordagem “*minds-on*”, promotora de pensamento crítico (S3, S15, S16, S19, S20, S23, S26, S28, S29, S35-S37, S41-S45, S48, S50, S52). Outra ideia relevante, é a de que o trabalho prático também deve pressupor um grande envolvimento no processo de desenvolvimento de questões investigativas e do desenho de procedimentos experimentais, numa lógica de promoção da *Inquiry-Based Learning* (S4, S11, S21, S24, S27, S29, S34, S37, S38, S43, S51, S52), sendo este aspeto relevado em 22.6% ($f = 12$) dos estudos.

A aprendizagem através de fenómenos do seu quotidiano, que promovam a motivação e o envolvimento dos alunos, como resultado de episódios de aprendizagem mais relevantes, retirados de experiências e contextos seleccionados, permite a construção de uma quinta categoria (7.5%, $f = 4$) com este elemento integrador (S12, S29, S33, S35).

Numa sexta categoria (5.7%, $f = 3$), consideram-se estudos que evidenciam a integração de aspetos associados à “comunicação científica”, na definição concetual do trabalho prático (S4, S24, S27). Um estudo (1.9%, $f = 1$) integra a possibilidade desta metodologia poder ser uma alternativa acessível e de baixo custo, para a aprendizagem em ciências, na estrutura concetual do trabalho prático (S19) e, por último, existem os

que não abordam o conceito de trabalho prático de modo claro e inequívoco (S3, S14, S17, S18, S22, S31, S39, S53), correspondendo esta categoria a 15.1% das investigações ($f=8$).

De forma global, a revisão sistemática da literatura revela que o conceito de trabalho prático se assume, de forma proeminente, como um processo que vai mais além do que permitir o desenvolvimento e melhoria das competências práticas associadas ao manuseamento de material laboratorial. É sobretudo um método que permite a compreensão da natureza da ciência por parte dos alunos, envolvendo-os em atividades que mimetizam a ação dos processos da investigação científica. Esta compreensão, resulta da construção e mobilização de conhecimento científico, através do pensamento crítico capaz de fazer o levantamento de hipóteses e formular modos de as testar, possibilitando simultaneamente a reflexão teórica e concetual dos fenómenos em investigação, numa abordagem de natureza *minds-on*.

Conclusões

A revisão sistemática da literatura permite perceber, com evidência, que o conceito de trabalho prático inclui, com mais frequência, três grandes ideias: *a)* deve ser integrador da manipulação de materiais em atividades práticas de acordo com uma abordagem *hands-on*; *b)* incluir a mobilização de competências associadas a processos científicos, dirigindo-se para uma melhor compreensão da natureza da ciência; e *c)* mobilizar conhecimento científico, em linha com uma abordagem *minds-on*. A análise dos resultados permite descortinar que as dimensões concetual e social, apesar de serem amplamente discutidas na literatura, são mais raramente tidas em conta pelos participantes nos estudos do *corpus*. Este motivo conduzem diferentes autores a defenderem uma maior aproximação do trabalho prático desenvolvido nos programas de formação de professores de ciências ao trabalho prático efetivamente desenvolvido pelos cientistas, aquando da condução de experiências (Abrahams et al., 2013; Adamu & Achufusi-Aka, 2020; Anza et al., 2016; Babalola et al., 2020; Donnelly et al., 2013; Musasia et al., 2016; Oguoma et al., 2019; Pols et al., 2021; Toplis, 2012; Wei et al., 2020; Wei & Li, 2017). Para o efeito, sugerem que cursos, módulos e programas de formação de professores se possam focar no modo como se desenvolvem as experiências científicas

reais, naquilo que os cientistas efetivamente realizam, quando conduzem experiências, e como as experiências científicas são levadas a cabo em diferentes contextos sociais. Torna-se, por isso, essencial que os professores de ciências possam ser providenciados com oportunidades para aprender como transformar o trabalho prático tradicional em experiências cientificamente fundamentadas a nível conceitual, epistemológico e procedimental. Sumariamente, é possível constatar que a qualidade do trabalho prático desenvolvido no âmbito do ensino das ciências, depende, não só, da frequência com que se usa, mas também, e principalmente, da qualidade com que é realizado.

Referências

- Abrahams, I., Reiss, M. J., & Sharpe, R. M. (2013). The assessment of practical work in school science. *Studies in Science Education*, 49(2), 209-251. <https://doi.org/10.1080/03057267.2013.858496>
- Adamu, S., & Achufusi-Aka, N. (2020). Extent of integration of practical work in the teaching of chemistry by secondary schools teachers in Taraba State. *UNIZIK Journal of STM Education*, 3(2), 63-75. <https://journals.unizik.edu.ng/index.php/jstme>
- Anza, M., Bibiso, M., Mohammad, A., & Kuma, B. (2016). Assessment of factors influencing practical work in chemistry: A case of secondary schools in Wolaita Zone, Ethiopia. *International Journal of Education and Management Engineering*, 6(6), 53-63. <https://doi.org/10.5815/ijeme.2016.06.06>
- Aydin, S., Kosarenko, N. N., Khlusyanov, O. V., Malakhovskaya, V. V., & Kameneva, G. N. (2022). University students' memories of their secondary science education experiences. *Frontiers in Education*, 7. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.1016919>
- Babalola, F. E., Lambourne, R. J., & Swithenby, S. J. (2020). The real aims that shape the teaching of practical physics in Sub-Saharan Africa. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(2), 259-278. <https://doi.org/10.1007/s10763-019-09962-7>
- Bryman, A. (2012). *Social research methods*. Oxford University Press.
- Cooke, A., Smith, D., & Booth, A. (2012). Beyond PICO. *Qualitative Health Research*,

22(10), 1435-1443. <https://doi.org/10.1177/1049732312452938>

Donnelly, D., O'Reilly, J., & McGarr, O. (2013). Enhancing the student experiment Experience: Visible scientific inquiry through a virtual chemistry laboratory. *Research in Science Education*, 43(4), 1571-1592. <https://doi.org/10.1007/s11165-012-9322-1>

Gough, D., Oliver, S., & Thomas, J. (2012). *An introduction to systemic reviews*. SAGE.

Heller, R. L. (1964). The Earth Science Curriculum Project. *Weatherwise*, 17(3), 120-121. <https://doi.org/10.1080/00431672.1964.9941030>

Hodson, D. (1996). Practical work in school science: Exploring some directions for change. *International Journal of Science Education*, 18(7), 755-760. <https://doi.org/10.1080/0950069960180702>

Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2003). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28-54. <https://doi.org/10.1002/sce.10106>

Itzek-Greulich, H., & Vollmer, C. (2017). Emotional and motivational outcomes of lab work in the secondary intermediate track: The contribution of a science center outreach lab. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(1), 3-28. <https://doi.org/10.1002/tea.21334>

Koliander, B. (2019). Practical work in the digital age. In *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 917, 556–565. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11935-5_53

Mayer, W. (1964). The american biological sciences curriculum study. *The High School Journal*, 26(5), 348-353. <https://doi.org/10.2307/4440676>

Millar, R., & Abrahams, I. (2009). Practical work: making it more effective. *School Science Review*, 91(334), 59-64. [http://www.gettingpractical.org.uk/documents/RobinSSR.pdf%0Ahttps://pure.york.ac.uk/portal/en/publications/practical-work\(c03cbc1b-69e7-4d33-879b-05081247b0ee\)/export.html](http://www.gettingpractical.org.uk/documents/RobinSSR.pdf%0Ahttps://pure.york.ac.uk/portal/en/publications/practical-work(c03cbc1b-69e7-4d33-879b-05081247b0ee)/export.html)

Musasia, A., Ocholla, A., & Sakwa, T. (2016). Physics Practical Work and Its Influence

- on Students' Academic Achievement. *Journal of Education and Practice*, 7(28), 129-134. <http://www.iiste.org>
- Oguoma, E., Jita, L., & Jita, T. (2019). Teachers' Concerns with the Implementation of Practical Work in the Physical Sciences Curriculum and Assessment Policy Statement in South Africa. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 23(1), 27-39. <https://doi.org/10.1080/18117295.2019.1584973>
- Osborne, J. (2014). Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177-196. <https://doi.org/10.1007/s10972-014-9384-1>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *The BMJ*, 372. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pols, C. F. J., Dekkers, P. J. J. M., & de Vries, M. J. (2021). What do they know? Investigating students' ability to analyse experimental data in secondary physics education. *International Journal of Science Education*, 43(2), 274-297. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1865588>
- Rheinberger, H.-J. (2001). History of Science and the Practices of Experiment. *History and Philosophy of the Life Sciences*, 23(1), 51-63. <http://www.jstor.org/stable/23332257> .
- Shana, Z., & Abulibdeh, E. S. (2020). Science practical work and its impact on students' science achievement. *Journal of Technology and Science Education*, 10(2), 199-215. <https://doi.org/10.3926/JOTSE.888>
- Toplis, R. (2012). Students' views about secondary school science lessons: The role of practical work. *Research in Science Education*, 42(3), 531-549. <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9209-6>

- Wei, B., Chen, N., & Chen, B. (2020). Teaching with laboratory work: the presentation of beginning science teachers' identity in school settings. *Research Papers in Education*, 35(6), 681-705. <https://doi.org/10.1080/02671522.2019.1615117>
- Wei, B., & Li, X. (2017). Exploring science teachers' perceptions of experimentation: implications for restructuring school practical work. *International Journal of Science Education*, 39(13), 1775-1794. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1351650>
- Wellington, J. J. (1998). *Practical work in school science: Which way now?* Routledge.