

Universidade de Évora - Instituto de Investigação e Formação Avançada

Programa de Doutoramento em Ciências da Educação

Tese de Doutoramento

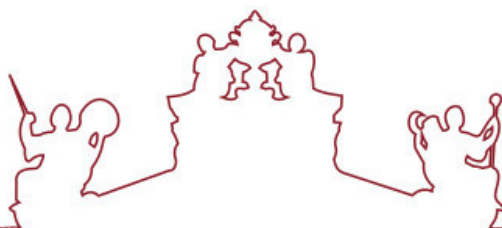
**Avaliação da literacia científica: da conceção à aplicação de
um questionário a alunos portugueses do 3.º ciclo do ensino
básico**

Marcelo Alves Coppi

Orientador(es) | Isabel Fialho

Marília Cid

Évora 2025



Universidade de Évora - Instituto de Investigação e Formação Avançada

Programa de Doutoramento em Ciências da Educação

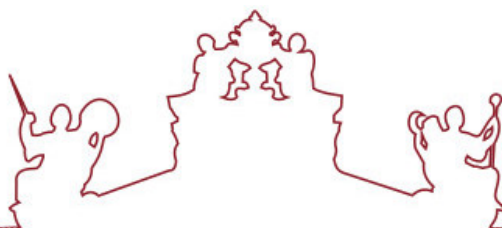
Tese de Doutoramento

**Avaliação da literacia científica: da conceção à aplicação de
um questionário a alunos portugueses do 3.º ciclo do ensino
básico**

Marcelo Alves Coppi

Orientador(es) | Isabel Fialho
Marília Cid

Évora 2025



A tese de doutoramento foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor do Instituto de Investigação e Formação Avançada:

Presidente | Bravo Nico (Universidade de Évora)

Vogais | Ana Alexandra Valente Rodrigues ()
Isabel Fialho (Universidade de Évora) (Orientador)
Luís Gonzaga Pereira Dourado ()
Margarida Figueiredo (Universidade de Évora)
Monica Luísa Mendes Baptista (Universidade de Lisboa)

Agradecimentos

Às minhas orientadoras, Professora Doutora Isabel Fialho e Professora Doutora Marília Cid, que se interessaram e aceitaram o desafio da minha proposta de estudo, assegurando confiança, apoio, dedicação e competência durante todo o processo de orientação. Um agradecimento particular e enorme por, desde o início, acreditarem em mim e no meu trabalho e pela parceria criada nesses seis anos que trabalhamos juntos (e que venham muitos mais).

À Professora Margarida Figueiredo, agradeço pela valiosa colaboração no momento da apresentação da proposta de tese.

À Universidade de Évora e ao Centro de Investigação em Educação e Psicologia (CIEP-UE), reitero meu apreço pelas condições proporcionadas para a realização do meu estudo. Em especial, pela bolsa que me foi concedida, sem a qual não teria alcançado o sucesso que obtive na minha tese.

À minha família, manifesto a minha imensa gratidão. Aos meus pais, agradeço por todo o suporte, incentivo, torcida e vibração a cada etapa concluída e objetivo conquistado. Ao meu irmão Renato, agradeço por ser meu exemplo a ser seguido, pela parceria diária, por compartilhar seu conhecimento em estatística (culpa sua eu estar fazendo o mestrado em estatística agora) e por me mostrar novas perspetivas, tanto pessoais quanto profissionais, enfim, por tudo mesmo Rê. À minha namorada, Ana, minha parceira em todos os momentos, agradeço por estar ao meu lado nas fases boas e ruins, por sempre me motivar e acreditar em mim e por compreender minhas ausências quando foi necessário. Os amo demais!

Aos amigos, tanto do doutoramento quanto da vida, agradeço pelos constantes incentivo e apoio. Um agradecimento especial aos amigos Ana Arcadinho e Hugo Oliveira, pelo companheirismo e por compartilharem comigo os dias, as risadas, as angústias, os desafios e as conquistas ao longo desta jornada.

Resumo

Realizada mediante a compilação de seis artigos de investigação, esta tese de doutoramento teve como objetivo principal o desenvolvimento da Avaliação da Literacia Científica Essencial (ALCE), um instrumento de avaliação do nível de literacia científica de alunos no final do 3.º ciclo do ensino básico português. O primeiro estudo discute o conceito de literacia científica, os motivos que geram debate acerca da sua definição e propõe o conceito utilizado ao longo deste trabalho. O segundo estudo identifica os instrumentos de avaliação da literacia científica existentes na literatura, assim como as características de cada um deles, e demonstra a escassez de instrumentos, principalmente daqueles desenvolvidos para o ensino básico e para o contexto português. O terceiro estudo percorre o processo de reorganização curricular em Portugal, iniciado em 1977, especialmente na área das Ciências Físicas e Naturais do 3.º ciclo do ensino básico, e identifica os principais documentos curriculares atualmente em vigência para este ciclo de ensino, indicando como a literacia científica é considerada nestes documentos. O quarto estudo refere-se ao desenvolvimento do ALCE e apresenta os processos de recolha de evidência de validade para a aplicação do instrumento. Os quinto e sexto artigos apresentam os resultados, geral e por subteste, respetivamente, da aplicação do ALCE a 516 alunos do 9.º ano. Os resultados globais da tese evidenciaram que a utilização dos resultados do ALCE para a avaliação do nível de literacia dos alunos ao final do 3.º ciclo do ensino básico é válida. A aplicação do ALCE revelou que 64.1% dos alunos respondentes foram classificados como cientificamente literatos no geral e que 70.0%, 72.9% e 39.9% dos alunos foram classificados como cientificamente literatos nos subtestes da natureza da ciência, do impacto da ciência e da tecnologia na sociedade e do conteúdo da ciência, respetivamente.

Palavras-chave: literacia científica; avaliação da literacia científica; alunos do 3.º ciclo do ensino básico; recolha de evidências de validade; instrumento de avaliação.

Abstract

Assessing scientific literacy: from the development to the application of a questionnaire to Portuguese students in the 3rd cycle of basic education

This doctoral thesis, which was carried out by compiling six research articles, had as its main purpose the development of the *Avaliação da Literacia Científica Essencial* (ALCE), an instrument for assessing the scientific literacy level of students at the end of the 3rd cycle of Portuguese basic education. The first study discusses the concept of scientific literacy, the reasons that generate debate about its definition and proposes the concept used throughout this thesis. The second study identifies the scientific literacy assessment instruments in the literature, as well as the characteristics of each one, and demonstrates the lack of instruments, especially those developed for basic education and for the Portuguese context. The third study goes through the process of curriculum reorganization in Portugal, which began in 1977, especially in the area of Physical and Natural Sciences in the 3rd cycle of basic education, and identifies the main curriculum documents currently in force for this cycle of education, indicating how scientific literacy is addressed in these documents. The fourth study describes the development of the ALCE and presents the process of gathering validity evidence for the application of the instrument. The fifth and sixth articles present the results, in general and by subtest respectively, of the application of the ALCE to 516 9th grade students. The overall results of the thesis showed that using the results of the ALCE to assess the level of scientific literacy of students at the end of the 3rd cycle of basic education is valid. The application of the ALCE revealed that 64.1% of the responding students were classified as scientifically literate in general and that 70.0%, 72.9% and 39.9% of the students were classified as scientifically literate in the subtests of the nature of science, the impact of science and technology on society and the content of science, respectively.

Keywords: scientific literacy; scientific literacy assessment; basic education students; gathering validity evidence; assessment instrument.

Índice

Introdução	1
Enquadramento	2
Estrutura da tese.....	4
Nota metodológica.....	7
Capítulo 1 - <i>Literacia científica: um olhar sobre as suas diferentes interpretações</i>	9
Capítulo 2 - <i>Instrumentos de avaliação da literacia científica: uma revisão sistemática de literatura</i>	35
Capítulo 3 - <i>Literacia científica e a reorganização curricular em ciências em Portugal</i>	61
Capítulo 4 - <i>Developing a scientific literacy assessment instrument for Portuguese 3rd cycle students</i>	80
Capítulo 5 - <i>Assessing Portuguese elementary school students' scientific literacy: Application of the ALCE instrument</i>	106
Capítulo 6 - <i>Assessing scientific literacy: a study with 9th grade students in Portugal</i>	125
Capítulo 7 - Considerações finais.....	140
Limitações do estudo e recomendações.....	146
Referências	148
Apêndice I - Avaliação da Literacia Científica Essencial (ALCE).....	151
Apêndice II - Avaliação da Literacia Científica Essencial (ALCE) - Chave de Respostas	163

INTRODUÇÃO

Introdução

Neste capítulo introdutório, apresentamos a perspectiva global do trabalho, em que enunciamos um breve enquadramento teórico, o problema de investigação, os objetivos do estudo e, por fim, apresentamos a estrutura da tese e uma sucinta nota metodológica.

Enquadramento

Literacia científica é um termo que surgiu na década de 1940 (Rudolph, 2023) e que pode ser descrito, de forma genérica, como “a capacidade de se envolver com questões relacionadas com a ciência e com as ideias da ciência, como um cidadão reflexivo” (OECD, 2017). Devido ao seu reconhecimento como uma das competências fundamentais para o século XXI (World Economic Forum, 2015), nas últimas décadas, alcançá-la foi, provavelmente, o objetivo mais enfatizado da educação científica ao redor do mundo (DeBoer, 2000; Odegard et al., 2015; Rudolph, 2023; Wang & Zhao, 2016; Yacoubian, 2018).

Atualmente, principalmente no contexto pós-pandémico, em virtude do aumento da preocupação com a crescente negação do conhecimento científico e da disseminação de desinformação e de teorias da conspiração que contrastam com descobertas e teorias científicas bem estabelecidas, o apelo para o desenvolvimento de conhecimentos e competências de literacia científica recebeu um incremento adicional (Howell & Brossard, 2021; UNESCO, 2020). No entanto, investigadores da área vêm discutindo quais os conhecimentos e as competências necessários para que os indivíduos possam tomar decisões cotidianas relacionadas com a ciência, tanto em nível pessoal quanto social (Sharon & Baram-Tsabari, 2020).

Embora não exista um consenso entre os especialistas quanto a este aspeto, o facto é que o desenvolvimento da literacia científica pelos alunos vem sendo enfatizado nas orientações para o ensino das ciências a nível mundial. Contudo, apesar dos esforços, persistem as preocupações sobre o valor do ensino de ciências no desenvolvimento de competências e, conseqüentemente, na aplicação em contextos cotidianos (Howell & Brossard, 2021; Sharon & Baram-Tsabari, 2020). Estudos revelam que muitos alunos não são capazes de integrar os conhecimentos e as competências de literacia científica ao seu pensamento habitual e que não está claro se tais conhecimentos e competências, a longo termo, melhoram a capacidade de as pessoas entenderem as questões do dia a dia que envolvem a ciência (Sharon & Baram-Tsabari, 2020).

Portugal, em conformidade com a tendência mundial de legitimar a literacia científica como o principal objetivo da educação científica, os conhecimentos e

competências de literacia científica estão descritos nos documentos curriculares da área das Ciências Físicas e Naturais em vigor. Especificamente no 3.º ciclo do ensino básico, a proposta de desenvolvimento da literacia científica dos alunos está estabelecida nas Aprendizagens Essenciais (AE) de Físico-Química (DGE, 2018e, 2018d, 2018f) e de Ciências Naturais (DGE, 2018a, 2018b, 2018c) e no Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória (PASEO) (Martins et al., 2017).

Ainda que os documentos curriculares estabeleçam conhecimentos e competências de literacia científica, a nível nacional, são escassos os instrumentos de avaliação capazes de monitorizar o seu respetivo desenvolvimento. Já a nível internacional, Portugal participa nos dois principais estudos que avaliam o nível de literacia científica de alunos, *Programme for International Student Assessment* (PISA) e *Trends in International Mathematics and Science Study* (TIMSS), de frequência trienal e quadrienal, respetivamente, os quais produzem, entre outros, relatórios específicos de cada país sobre a situação da qualidade do ensino de ciências.

Contudo, a atual demanda pelo desenvolvimento da literacia científica requer a devida monitorização, que não pode ocorrer apenas em ciclos de três ou quatro anos, como nas avaliações internacionais. É necessário que haja uma recolha de dados mais frequente e assídua, capaz de informar os intervenientes e os responsáveis sobre a qualidade do ensino de ciências, para que medidas mais pontuais possam ser tomadas, visando a melhoria da qualidade dos processos de ensino e aprendizagem.

É neste contexto que nos propusemos desenvolver um instrumento de avaliação da literacia científica de alunos no final do 3.º ciclo do ensino básico português, que demonstre evidências de validade que fundamentem a utilização dos resultados; e permitam avaliar o nível de literacia científica de alunos deste ciclo de ensino.

A fim de cumprir os objetivos propostos, buscamos: 1) Descrever e discutir o estado da arte acerca dos principais debates em torno da literacia científica, como o conceito, as traduções e os respetivos significados e sua avaliação; 2) Realizar uma revisão sistemática de literatura sobre instrumentos de avaliação da literacia científica; 3) Identificar como a literacia científica é apresentada nos documentos curriculares atualmente vigentes da área das Ciências Físicas e Naturais do 3.º ciclo do ensino básico português; 4) Descrever os processos de desenvolvimento e de recolha de evidências de validade do instrumento de Avaliação da Literacia Científica Essencial (ALCE); e 5) Avaliar o nível de literacia científica de alunos portugueses no final do 9.º ano do ensino básico.

Estrutura da tese

Optamos por apresentar a tese no formato de compilação de artigos. Nesse sentido, a tese está organizada em sete capítulos, sendo que os seis primeiros correspondem aos artigos publicados/aceites para publicação em periódicos indexados de relevância na área em estudo e o sétimo diz respeito às considerações finais.

Ressaltamos que os artigos foram escritos quer em língua portuguesa quer inglesa, pelo que os capítulos estão escritos no idioma de publicação. Ademais, informamos que a formatação dos artigos segue as normas dos periódicos em que foram publicados/aceites para publicação. A seguir, apresentamos uma sinopse dos capítulos que compõem a tese.

No capítulo 1, *Literacia científica: um olhar sobre as suas diferentes interpretações*, artigo aceite para publicação em 2024 no periódico Educação em Revista, mediante uma revisão narrativa da literatura, descrevemos o estado da arte acerca da literacia científica, enfatizando a discussão relativa ao conceito de literacia científica e à tradução e aos significados do termo inglês *scientitif literacy*, fatores que podem estar relacionados com a polissemia do termo. Buscamos, também, facultar um breve debate sobre a avaliação da literacia científica.

No capítulo 2, *Instrumentos de avaliação da literacia científica: uma revisão sistemática de literatura*, artigo publicado em 2023 no periódico Educação em Revista, realizamos uma revisão sistemática da literatura em que nos propusemos a analisar estudos publicados entre 1990 e 2020 que desenvolveram e/ou utilizaram instrumentos de avaliação da literacia científica de alunos dos diferentes níveis de ensino. Optamos por explorar as seguintes características: estrutura dos instrumentos, processos de validação, formato dos itens, competências avaliadas e critérios de classificação e de categorização dos resultados.

No capítulo 3, *Literacia científica e a reorganização curricular em ciências em Portugal*, artigo publicado em 2023 no periódico Educação e Realidade, investigamos o processo de reorganização curricular no ensino de ciências do 3.º ciclo do ensino básico português. À vista disso, exploramos as consequências do conjunto de reformas no sistema educativo português, em especial, na área das Ciências Físicas e Naturais deste ciclo de ensino, e analisamos de que forma a literacia científica é abrangida no currículo das disciplinas de Ciências Naturais e Físico-Química. Analisamos, também, o desempenho dos alunos portugueses nas avaliações internacionais que avaliam a literacia científica, PISA e TIMSS, desde a primeira participação de Portugal em ambas as avaliações.

No capítulo 4, *Developing a scientific literacy assessment instrument for Portuguese 3rd cycle students*, artigo publicado em 2023 no periódico *Education Sciences*, descrevemos a investigação que culminou no desenvolvimento do ALCE. Neste estudo, pormenorizamos as etapas de conceção e os processos de recolha de evidências de validade adotados para a construção do instrumento.

No capítulo 5, *Assessing Portuguese elementary school students' scientific literacy: application of the ALCE instrument*, artigo publicado em 2023 no periódico *Social Sciences*, divulgamos os resultados provenientes da aplicação do ALCE a alunos do 9.º ano do ensino básico de Portugal. Apresentamos as análises do nível de literacia científica dos alunos em geral e em função das variáveis independentes *sexo*, *gostar da disciplina de Ciências Naturais*, *gostar da disciplina de Físico-Química*, *reprovar na disciplina de Ciências Naturais*, *reprovar na disciplina de Físico-Química*, *opção de curso no ensino secundário* e *contexto socioeconómico escolar*.

Já no capítulo 6, *Assessing scientific literacy: a study with 9th grade students in Portugal*, artigo publicado em 2024 no periódico *Frontiers in Education*, evidenciamos os resultados do nível de literacia científica dos alunos de forma a acrescentar e enfatizar a análise por subteste e a análise da quantidade de acertos de opção *não sei* assinaladas. Dessa forma, revelamos o nível de literacia científica dos alunos em cada um dos subtestes que compõem o ALCE, no geral e em função das variáveis independentes *sexo*, *gostar da disciplina de Ciências Naturais*, *gostar da disciplina de Físico-Química*, *reprovar na disciplina de Ciências Naturais*, *reprovar na disciplina de Físico-Química*, *opção de curso no ensino secundário* e *contexto socioeconómico escolar*, e os resultados da quantidade de acertos e de opção *não sei* assinaladas no ALCE, no geral e por subteste.

Por fim, no capítulo 7, *Considerações finais*, expomos uma perspetiva integrada acerca dos contributos teóricos dos resultados dos estudos realizados. Neste capítulo, apresentamos as principais conclusões deste trabalho, identificamos os contributos da tese para o campo de estudo na área da literacia científica e do ensino de ciências e exploramos as limitações e as implicações para futuras investigações.

A Tabela 1 identifica os artigos, os periódicos em que foram publicados/aceites para publicação, as suas fontes de indexação e o ano de publicação/aceitação.

Tabela 1

Identificação dos artigos, periódicos a que foram submetidos, fontes e indexação e ano de publicação/aceitação.

Título do artigo	Periódico	Indexação	Ano de publicação
Artigo 1 - Literacia científica: um olhar sobre as suas diferentes interpretações	Educação em Revista	Biblioteca Brasileira de Educação; DIADORIM; DOAJ; EDUC@; IRESIE; Redalyc.or; Latindex; SciELO; Sumários de Revistas Brasileiras	Aceite para publicação em 2024
Artigo 2 - Instrumentos de avaliação da literacia científica: uma revisão sistemática de literatura	Educação em Revista	Biblioteca Brasileira de Educação; DIADORIM; DOAJ; EDUC@; IRESIE; Redalyc.or; Latindex; SciELO; Sumários de Revistas Brasileiras	2023
Artigo 3 - Literacia científica e a reorganização curricular em ciências em Portugal	Educação e Realidade	Scopus; Redalyc; Ulrich's; Elektronische Zeitschriftenbibliothek; EBSCO Publishing; Boletín de Resúmenes Analíticos/Bulletin of Analytical Abstracts/ Bulletin de Résumés Analytiques; Clas; IRESIE; LAPTOC; DOAJ; Latindex; REDIB; SciELO; Educ@; BBE; Portal de Periódicos da CAPES; IBICT; IESAE/FGV; Cadernos de Pesquisa Fundação Carlos Chagas; Sumários de Educação. Faculdade de Educação/USP; Sumários de Periódicos em Educação. Faculdade de Educação/USP	2023
Artigo 4 - Developing a scientific literacy assessment instrument for Portuguese 3rd cycle students	Education Sciences	BibCnrs; CNKI; CNPIEC; Digital Science; DOAJ; EBSCO; Educational Research Abstracts; Elsevier Databases (Scopus); Gale; OpenAIRE; OSTI (U.S. Department of Energy); ProQuest; PsycInfo; PSYNDEX; SafetyLit; Web of Science (ESCI)	2023

Artigo 5 - Assessing Portuguese elementary school students' scientific literacy: application of the ALCE instrument	Social Sciences	BibCnrs; CNKI; CNPIEC; Digital Science; DOAJ; EBSCO; Elsevier Databases (Scopus); Gale; OpenAIRE; OSTI (U.S. Department of Energy); ProQuest; PSYINDEX; RePEc (EconPapers, IDEAS); SafetyLit; Web of Science (ESCI)	2023
Artigo 6 - Assessing scientific literacy: a study with 9th grade students in Portugal	Frontiers in Education	Scopus, Google Scholar, DOAJ, CrossRef, CLOCKSS, ERIH PLUS	2024

Em síntese, trata-se de uma tese realizada pela compilação devidamente enquadrada de um conjunto coerente e relevante de seis trabalhos de investigação, publicados/aceites para publicação em periódicos com comités de seleção de reconhecido mérito internacional, que dão resposta ao objetivo estipulado pelo estudo aqui apresentado.

Nota metodológica

Do ponto de vista metodológico, o estudo adotou uma abordagem de natureza quantitativa, envolvendo a conceção e a validação de um instrumento de avaliação da literacia científica. Foi realizada também análise documental, para além de revisões de literatura narrativa e sistemática, com o objetivo de recolher informações sobre o estado da arte acerca de aspetos fundamentais da literacia científica, os instrumentos de avaliação da literacia científica disponíveis na literatura e a inserção da literacia científica no currículo das disciplinas de Ciências Naturais e Físico-Química, com o propósito de desenvolver o ALCE.

Os processos de construção e validação do instrumento foram concretizados mediante a recolha de evidências de validade baseadas no conteúdo e na estrutura interna do instrumento. A recolha de evidências de validade baseadas no conteúdo seguiu sete etapas: 1) Definição dos domínios cognitivos; 2) Definição do universo do conteúdo; 3) Definição da representatividade do conteúdo; 4) Elaboração da tabela de especificação; 5) Construção do instrumento; 6) Análise teórica dos itens; e 7) Análise empírica dos itens. A recolha de evidências de validade baseadas na estrutura interna, por sua vez, foi realizada por meio da análise da função de informação da Teoria de Resposta ao Item.

A aplicação do instrumento foi autorizada pela Direção-Geral de Inovação e Desenvolvimento Curricular (DGICD), através do sistema de Monitorização de

Inquéritos em Meio Escolar (MIME), sob o registo n.º 0740900001. Adicionalmente, por meio da declaração do consentimento informado, os participantes aceitaram participar no estudo, com a garantia de anonimato e confidencialidade dos dados obtidos, que seriam utilizados exclusivamente para fins científicos e para as publicações dele resultantes.

A versão piloto foi administrada em formato digital, via plataforma *LimeSurvey*, no início do ano letivo de 2020/2021, e contou com a participação de 176 alunos do 10.º ano de oito escolas públicas da região sul de Portugal continental. A versão final do ALCE, aplicada da mesma forma, no final do ano letivo de 2021/2022, foi respondida por 516 alunos do 9.º ano de 20 escolas públicas do território continental.

Para a análise dos resultados, o estudo recorreu a procedimentos estatísticos, compreendendo análises descritivas, baseadas em medidas de tendência central e de dispersão, e análises inferenciais, utilizando o teste *t* de Student para amostras independentes, a análise de variância e a regressão linear múltipla. As análises estatísticas foram efetuadas pelos softwares *RStudio*, versão 3.6.0, e *SPSS*, versão 27.

**CAPÍTULO 1 - *LITERACIA CIENTÍFICA: UM OLHAR SOBRE AS
SUAS DIFERENTES INTERPRETAÇÕES***

ARTIGO

LITERACIA CIENTÍFICA: UM OLHAR SOBRE AS SUAS DIFERENTES INTERPRETAÇÕES

MARCELO COPPI¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6734-7592>
<mcoppi@uevora.pt>

ISABEL FIALHO²

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1749-9077>
<ifialho@uevora.pt>

MARÍLIA CID³

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6009-0242>
<mcid@uevora.pt>

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

² Centro de Investigação em Educação e Psicologia da Universidade de Évora, Évora, Portugal.

³ Centro de Investigação em Educação e Psicologia da Universidade de Évora, Évora, Portugal.

RESUMO: O estudo teve por objetivo realizar uma abordagem crítica e histórica a respeito do conceito de literacia científica, da definição das palavras que compõem o termo, das suas traduções e da existência de instrumentos desenvolvidos para avaliá-la, mediante uma revisão narrativa da literatura. Observou-se que um dos motivos para as diversas perspectivas conceituais é o significado da palavra *literate*, que, no idioma inglês, pode significar ser detentor do conhecimento e, também, ser capaz de ler e escrever. Outra razão é a tradução da palavra *literacy*, a qual pode originar, no idioma português, as palavras alfabetização, literacia ou letramento, assumindo diferentes significados de acordo com a sua interpretação. Em paralelo, há fatores relacionados com a adesão teórica adotada pelos autores e com o campo de estudos da linguagem e do ensino de línguas. O conceito de literacia científica também se revela como uma das causas geradoras de imprecisões. O fato de haver uma pluralidade de significados faz com que, muitas vezes, a literacia científica seja confundida e limitada à compreensão da ciência. Por fim, a avaliação da literacia científica configura-se como fonte de debate entre os pesquisadores da área, uma vez que existem poucos instrumentos disponíveis na literatura, a maioria deles avalia aspectos e dimensões isolados da literacia científica e uma minoria demonstra os processos de validade na sua elaboração. Em síntese, o estudo evidencia as grandes polémicas na literatura que concernem a literacia científica, apresenta as principais razões de tais controvérsias e demonstra que, a despeito destes aspectos, a literacia científica é objeto de pesquisas de âmbito internacional e apresenta-se, de uma forma ampla, como o principal objetivo do ensino de ciências.

Palavras-chave: conceito de literacia científica, definição de literacia científica, avaliação da literacia científica.

SCIENTIFIC LITERACY: A LOOK AT ITS DIFFERENT INTERPRETATIONS

ABSTRACT: The study aimed to perform a critical and historical approach to the concept of scientific literacy, the definition of the words that compose the term, their translations and the existence of instruments developed to assess it, through a narrative literature review. It was observed that one of the reasons for the different conceptual perspectives is the meaning of the word *literate*, which, in the English language, can mean to hold knowledge and also to be able to read and write. Another reason is the translation of the word *literacy*, which can originate, in the Portuguese language, the words *alfabetização*, *literacia* or *letramento*, assuming different meanings according to their interpretation. Meanwhile, there are factors related to the theoretical approach adopted by the authors and to the field of language studies and language teaching. The concept of scientific literacy also reveals itself as one of the causes generating inaccuracies. The fact that there is a plurality of concepts means that scientific literacy is often confused and limited to the understanding of science. Finally, the assessment of scientific literacy is a source of debate among researchers in the area, since there are few instruments available in the literature, most of them assess isolated aspects and dimensions of scientific literacy, and a minority demonstrate the processes of validity in their elaboration. In summary, the study highlights the major controversies in the literature concerning scientific literacy, presents the main reasons for such controversies and demonstrates that, despite these aspects, scientific literacy is the subject of international research and is widely presented as the main objective of science education.

Keywords: concept of scientific literacy, definition of scientific literacy, assessment of scientific literacy.

ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA: UNA VISIÓN DE SUS DIFERENTES INTERPRETACIONES

RESUMEN: El objetivo del estudio consistió en realizar una aproximación crítica e histórica al concepto de alfabetización científica, a la definición de las palabras que componen el término, a sus traducciones y a la existencia de instrumentos desarrollados para evaluarla, mediante una revisión narrativa de la literatura. Se observó que una de las razones de las diferentes perspectivas conceptuales es el significado de la palabra *literate*, que en inglés puede significar ser poseedor de conocimientos y también saber leer y escribir. Otra razón es la traducción de la palabra *literacy*, que en portugués puede dar lugar a las palabras *alfabetização*, *literacia* o *letramento*, adquiriendo significados diferentes según su interpretación. Paralelamente, existen factores relacionados con el enfoque teórico adoptado por los autores y con el ámbito de los estudios lingüísticos y la enseñanza de idiomas. El concepto de alfabetización científica es también una de las causas de imprecisión. El hecho de que existan tantos conceptos hace que la alfabetización científica sea a menudo confusa y se limite a la comprensión de la ciencia. Por último, la evaluación de la alfabetización científica es una fuente de debate entre los investigadores del campo, ya que hay pocos instrumentos disponibles en la literatura, la mayoría de ellos evalúan aspectos y dimensiones aislados de la alfabetización científica y una minoría demuestra los procesos de validez en su desarrollo.

Palabras clave: concepto de alfabetización científica, definición de alfabetización científica, evaluación de la alfabetización científica.

INTRODUÇÃO

Em 1999, ocorreu em Budapeste, Hungria, o Fórum Mundial de Ciência (*World Science Forum*), realizado pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* – UNESCO), em cooperação com o Conselho Científico Internacional (*International Council for Science* – ICSU). Nela, estiveram presentes representantes de 155 Estados-Membros, incluindo Ministros da Ciência e Tecnologia, Investigação e Educação ou seus equivalentes, organizações intergovernamentais, organizações internacionais não governamentais e representantes da indústria e dos meios de comunicação social, a fim de definir “uma estratégia que garantiria que a ciência respondesse melhor às necessidades e aspirações da sociedade no século XXI” (UNESCO, 1999, p. 1).

Um dos produtos da conferência foi a Declaração sobre Ciência e o Uso do Conhecimento Científico (*Declaration on Science and the Use of Scientific Knowledge*), popularmente conhecida como Declaração de Budapeste, um documento que afirma ser necessário desenvolver e expandir a *scientific literacy*¹ “em todas as culturas e setores da sociedade, bem como competências e capacidade de raciocínio e uma apreciação dos valores éticos, de modo a melhorar a participação pública nas tomadas de decisão relacionadas com a aplicação de novos conhecimentos” (UNESCO, 1999, p. 5).

Em 2015, o Fórum Económico Mundial publicou uma lista das competências mais críticas para o século 21 (World Economic Forum, 2015), incluindo a *scientific literacy* no grupo das chamadas *foundational literacies*. Segundo esta organização, este grupo de *literacies*, composto pelas *reading literacy*, *numeracy*, *scientific literacy*, *ICT literacy*, *financial literacy* and *cultural and civic literacy*, é a base necessária para que os alunos construam competências – pensamento crítico e resolução de problemas, criatividade, comunicação e colaboração – e qualidades de caráter – curiosidade, iniciativa, persistência, capacidade de adaptação, liderança e conscientização social e cultural – mais avançadas e igualmente importantes (World Economic Forum, 2015).

Passadas mais de duas décadas da Declaração de Budapeste e após a recente crise causada pela pandemia da COVID-19, que evidenciou desigualdades, lacunas e vulnerabilidades na educação, a UNESCO publicou o documento Nove Ideias para a Ação Pública - Educação, Aprendizagem e Conhecimento num mundo pós-covid-19 (*Education in a post-COVID world: nine ideas for public action*) (UNESCO, 2020), no qual apresenta nove ideias para construir as bases da educação pós-pandêmica. Dentre elas, a necessidade de assegurar a *scientific literacy* no currículo, uma vez que se faz necessária uma reflexão profunda sobre o currículo, “especialmente quando lutamos contra a negação do conhecimento científico e combatemos ativamente a desinformação” (UNESCO, 2020, p. 6).

Para Rudolph (2023), a *scientific literacy* foi, provavelmente, “o objetivo mais enfatizado do ensino de ciências nos últimos 40 anos e continua a ser estudada e debatida em revistas acadêmicas e órgãos políticos até hoje” (p. 520). Atualmente, é tida como um dos eixos emergentes da investigação no ensino de ciências e apontada como uma das metas da aprendizagem e o objetivo do ensino de ciências, com o intuito de ampliar o conhecimento sobre a ciência e a tecnologia, vinculando-a a uma formação para a cidadania (Lorenzetti, 2017, 2023).

Introduzido nesse campo científico na década de 1940 (Rudolph, 2023), o termo *scientific literacy* tem sido amplamente utilizado como lema por educadores, pesquisadores e políticos, os quais o empregam em diversos contextos, de forma ampla e vaga, a fim de descrever um conjunto de competências relacionadas com a ciência (DeBoer, 2000). De acordo com Laugksch (2000), até à década de 1980, a *scientific literacy* apresentou-se como um termo incerto e indefinido. Desde então, passou a ser foco de diversos estudos (Chassot, 2003; Laugksch, 2000; Laugksch & Spargo, 1996a; Miller, 1983; Roberts, 2007, 2011;

¹ Optou-se por utilizar os termos originais em determinadas situações a fim de evitar problemas de interpretação. A sua tradução e discussão serão apresentados ao longo do artigo.

Sasseron & Carvalho, 2011; Valladares, 2021), mais objetivos e concretos, que foram realizados, principalmente, com o intuito de definir o seu conceito.

Contudo, atualmente, apesar da literatura utilizar muitas definições equivalentes entre si, ainda é difícil dar um significado inequívoco ao termo (DeBoer, 2000; Laugksch, 2000; Rudolph, 2023). Miller (1983), naquela época, anunciava que *scientific literacy* é “um daqueles termos que são frequentemente utilizados, mas raramente definidos” (p. 29). Shamos (1995) também referia o problema da falta de uma conceitualização clara e amplamente aceita pela comunidade científica.

A partir de uma revisão da história da educação científica, DeBoer (2000) enuncia que há, pelo menos, nove objetivos distintos da educação científica que estão relacionados com as amplas finalidades da *scientific literacy*. Do mesmo modo, Laugksch (2000) discute cinco fatores, que serão abordados ao longo do texto, que intervêm na conceitualização do termo, originando múltiplas definições, muitas vezes imprecisas, da *scientific literacy*. Esta inconsistência na sua definição produz uma pluralidade de estratégias de intervenção, de ensino e de avaliação, fazendo com que a *scientific literacy* seja confundida e limitada, por vezes, apenas à própria educação científica.

Foi nesse enquadramento que o estudo apresentado neste artigo pretendeu realizar uma abordagem crítica e histórica a respeito do conceito de *scientific literacy*, da definição das palavras que compõem o termo, das suas traduções – principalmente para o idioma português, motivo que avigora o debate em torno do conceito de *scientific literacy*, especialmente no Brasil, país em que estas palavras podem assumir mais de uma tradução –, do respaldo teórico para a sua utilização e da existência de instrumentos desenvolvidos para avaliá-la. Propõe-se também a apresentação de uma definição de *scientific literacy* como resultado da síntese da literatura analisada.

Por meio de uma revisão narrativa da literatura, definida como uma revisão bibliográfica abrangente e apropriada para “descrever e discutir o desenvolvimento ou o ‘estado da arte’ de um determinado assunto” (Rother, 2007, p. V), o estudo procurou fazer um balanço acerca desses debates em torno da *scientific literacy*. Uma vez estabelecido este pressuposto metodológico, a pesquisa foi realizada nas seguintes bases de dados: *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), *Biblioteca do Conhecimento Online* (B-on) e *Google Acadêmico*, considerando estudos e pesquisas publicados nos idiomas inglês, português e espanhol. Optou-se por não estabelecer um recorte temporal, a fim de analisar a evolução do debate acerca da temática ao longo do tempo.

Neste sentido, foram combinados como descritores os seguintes termos: “*scientific literacy*”, “literacia científica”, “alfabetização científica”, “letramento científico”, “*definition*”, “*concept*”, “conceito”, “definição”, “*literacy*”, “literacia”, “alfabetização”, “letramento”, “*assessment*” e “avaliação”. Além disso, foram dispensados os estudos e pesquisas que não abordavam os quatro aspectos a serem tratados na revisão: o conceito de *scientific literacy*, a definição e as traduções das palavras que compõem o termo e os instrumentos de avaliação.

UM POUCO DE HISTÓRIA

O reconhecimento da importância da *scientific literacy* surge, essencialmente, na década de 1950, após a Segunda Guerra Mundial e o início da corrida espacial, período em que cientistas e governantes testemunharam o grande acervo científico e militar utilizado, como por exemplo, a bomba atômica (Laugksch, 2000). Foi, também, a partir desta década e, principalmente, na seguinte que a humanidade experienciou “uma abrupta queda de qualidade de vida ocasionada pela rápida degradação ambiental”, aumentando a preocupação com as questões ambientais e sociais (Dias, 1991, p. 3).

Atrelado a esses eventos, Hurd (1958) acrescenta como um elemento impulsionador do reconhecimento da importância da *scientific literacy* o avanço das investigações nos campos da Biologia, Física e Química. O autor argumenta, por exemplo,

que metade dos produtos químicos de uso corrente naquela época eram desconhecidos na década anterior e que os “plásticos e pesticidas, bióticos e detergentes, silicões e elementos sintéticos introduziram o mundo moderno da química” (Hurd, 1958, p. 13). Afirmava ainda que, devido ao avanço dos estudos dos medicamentos, das moléculas, das células, das vacinas e dos vírus, a biofísica e a bioquímica se aproximavam, cada vez mais, da compreensão da natureza da vida.

Para Hurd (1958), a partir da década de 1950, a ciência, vinculada com as suas aplicações tecnológicas, passou a ser reconhecida como o traço mais característico da sociedade moderna, cujos conhecimentos tornaram-se essenciais para a cidadania. Nesse sentido, o ensino de ciências não poderia continuar a ser considerado como “um luxo intelectual restrito a poucos” (Hurd, 1958, p. 13), impondo-se o seu alargamento para toda a sociedade.

Considerando tal realidade, muitos países reconheceram que a melhor forma de evitar catástrofes e promover o avanço da ciência seria conscientizar o público em geral a respeito do potencial emprego da ciência, para o mal e para o bem (Shamos, 1995). De acordo com o autor, ensinar ciências para o público não era uma ideia nova naquela época, mas, após os cientistas tomarem consciência do uso militar da ciência, o foco passou a ser as dimensões sociais e políticas do uso da ciência e da tecnologia (Shamos, 1995). Nasce, deste modo, “um movimento pouco estruturado, mas altamente visível, em direção ao que veio a ser chamado de ‘*scientific literacy*’ para o público geral” (Shamos, 1995, p. 76, grifo nosso).

Até há pouco tempo, diversos estudos (Bybee, 2016; Laugksch, 2000; Silva & Sasseron, 2021; Valladares, 2021) atribuíam a Paul Hurd (1958) a primeira publicação na qual se utilizou o termo *scientific literacy*, num artigo intitulado *Science Literacy: its meaning for American Schools*, publicado na revista *Educational Leadership*, em outubro de 1958 (Rudolph, 2023). DeBoer (2000) foi um dos poucos autores a identificar o uso do termo noutros estudos publicados no mesmo ano: o artigo *The pursuit of excellence: Education and the future of America*, publicado no livro *Prospect for America: Report Number V of the Rockefeller Panel Reports*, em junho de 1958, pelo *Rockefeller Brothers Fund* e o artigo *Toward a population literate in science*, de Richard McCurdy, publicado na revista *The Science Teacher*, em novembro de 1958.

Contudo, devido ao processo de digitalização alargado de materiais impressos ao longo das últimas décadas, foi possível identificar numerosas ocorrências do uso do termo *scientific literacy* anteriores a 1958 (Rudolph, 2023). Em seu estudo, Rudolph (2023) localizou publicações datadas das décadas de 1940 e 1950, sendo a primeira atribuída a Gaylord Harnwell, no artigo *A new foundation*, publicado em outubro de 1945 na revista *Review of Scientific Instruments*. Dentre outros exemplos encontrados pelo autor, estão os seguintes: um discurso de 1946 do presidente da *Caltech*, Lee DuBridge, no qual este afirma que seria vergonhoso se grande parte da população dos Estados Unidos fosse *scientifically illiterate*; a nomeação do novo diretor da *Science Teacher*, Dwight Sollberger, que se destacou pelo interesse em assegurar a *scientific literacy* para todos os indivíduos; o desenvolvimento de um critério de *scientific literacy* para medir o desempenho das escolas nesse domínio, em 1948; e a criação de um curso introdutório que transmitisse uma *scientific literacy* básica necessária para a era moderna, por Oliver Loud, professor de ciências do Antioch College, em 1950. Constata-se, portanto, que é impreciso legitimar Paul Hurd como o introdutor do termo *scientific literacy* na literatura e que o termo não era de modo algum uma expressão nova no final da década de 1950 (Rudolph, 2023).

Embora, a princípio, esta discussão de quem foi o primeiro autor a cunhar o termo *scientific literacy* pareça algo de pouca importância, Rudolph (2023) destaca o mérito de precisar acertadamente os fatos. Especialmente quando se trata de ideias fundamentais e históricas dentro de um campo de estudo, as quais permitem a compreensão de como o termo *scientific literacy* foi utilizado no discurso público e político durante esses anos e de como essa ideia passou a definir o objetivo do ensino das ciências nas escolas, revelando muito sobre o seu valor funcional central (Rudolph, 2023).

É interessante ressaltar que o aprofundamento do debate acerca da *scientific literacy* cresce, se fortalece e, ao longo das décadas seguintes, se articula com os movimentos das relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). Contudo, conforme afirmam Oliveira e Linsingen (2019), existem três principais tradições para o movimento CTS: a europeia, organizada em um viés mais acadêmico, com o propósito de evidenciar como o conhecimento científico e tecnológico é produzido e quais os diferentes interesses envolvidos neste processo; a norte-americana, pragmática e preocupada com as consequências sociais e ambientais dos produtos tecnológicos e relacionada com os movimentos sociais que vinham se estabelecendo nas décadas de 1960 e 1970; e a latino-americana, que surge da necessidade de combater o modelo hegemônico de ciência e tecnologia imposto a estas sociedades e busca o desenvolvimento do conhecimento científico e tecnológico, de modo a satisfazer as necessidades regionais.

Independente da vertente adotada, o vínculo entre a *scientific literacy* e as abordagens CTS e CTSA promoveu a evolução dos estudos nessas perspectivas, resultando em trabalhos que evidenciam, cada vez mais, a necessidade de o ensino de ciências viabilizar a participação e o engajamento da sociedade para a promoção da *scientific literacy* (Valladares, 2021). Além disso, a partir da instituição do termo, iniciou-se o período no qual o conhecimento público da ciência ganhou um impulso e a *scientific literacy* tornou-se o objetivo principal da educação científica (Coppi et al., 2023a; DeBoer, 2000; Shamos, 1995; Yacoubian, 2018; Rudolph, 2023; Valladares, 2021).

Para Rudolph (2023), no entanto, embora o surgimento da *scientific literacy* tenha chamado a atenção da sociedade para a importância da educação científica, “fez muito pouco para fornecer orientação para a criação do tipo de educação científica de que o país precisava naquela época (em 1945) ou de que precisa desesperadamente hoje, em nossa era atual, quando a autoridade cultural e o valor da ciência estão ameaçados” (p. 521). Possivelmente, uma das principais razões encontra-se na definição do termo, a qual, desde o seu surgimento, suscita muitas dúvidas. Shamos (1995) aponta que, no período pós-Sputnik, o conceito de *scientific literacy*, além de vago e impreciso, passou a ser associado basicamente ao entendimento da ciência. Um levantamento bibliográfico realizado por Laugksch (2000) identificou que, principalmente na década de 1980, houve um aumento massivo das pesquisas envolvendo a *scientific literacy*, as quais apresentam diferentes interpretações e definições.

Nos países de língua inglesa, um dos fatores responsáveis por essa pluralidade de perspectivas é o significado das palavras *literacy* e *literate*. Nos países de língua não-inglesa, principalmente de idioma português, a tradução das palavras inglesas *literacy* (*scientific literacy*) e *literate* (*to be scientific literate*) contribuem para a multiplicidade de entendimentos. À parte desses dois fatores, existe um tópico de discussão acerca da afiliação teórica dos autores e do campo de estudos da linguagem. Esses aspectos, bem como alguns outros elementos que coadjuvam este debate, serão analisados na seção a seguir.

SIGNIFICADOS E TRADUÇÕES

Como dito anteriormente, nos países de língua inglesa, um dos impasses está no significado das palavras *literacy* e *literate*. Miller (1983) explica que o fato de se referir que um indivíduo é *literate* pode apresentar dois significados diferentes: o primeiro, de ser detentor do conhecimento (*to be learned*) e o segundo, de ser capaz de ler e escrever (*to be literate*). O autor alega, ainda, que a maioria dos debates relacionados com a *scientific literacy* falha ao distinguir o significado de ambas as palavras, gerando imprecisões (Miller, 1983).

Laugksch (2000) reforça a inconsistência e a imprecisão no significado da palavra *literate*. O autor argumenta que, no idioma inglês, um indivíduo pode ser considerado como *literate as learned*, assumindo-se como literato, *literate as competent*, tido como competente, e

literate as able to function minimally in society, considerado não apenas como competente, mas apto a atuar em atividades específicas na sociedade (Laugksch, 2000).

Nos países de língua não-inglesa, especificamente aqueles de idioma português, o problema encontra-se na tradução da palavra inglesa *literacy*. Esta pode originar as palavras portuguesas *literacia*, *letramento* (Martins, 2010) ou *alfabetização* (Teixeira, 2013). De acordo com Silva e Sasseron (2021), em língua portuguesa, é comum encontrar a adoção das expressões *alfabetização científica* e *letramento científico* no Brasil e o uso de *literacia científica* em Portugal.

Relativamente às palavras *letramento* e *literacia*, Soares (2002) e Dionísio (2007), especialistas na área da linguística, defendem que ambas possuem o mesmo significado, sendo *literacia* utilizada em Portugal e *letramento* no Brasil. Assim como afirma Soares (2002), em Portugal, discute-se “o fenômeno da *literacia*, palavra recentemente introduzida no português de Portugal, lá preferida à brasileira *letramento*” (p. 17).

No que se refere à palavra *alfabetização*, enquanto esta é amplamente utilizada no Brasil, em Portugal, é utilizada em circunstâncias particulares, como na formação de adultos (Dionísio, 2007). Conforme menciona a autora, em Portugal,

não usamos o termo *alfabetização*. Já usamos e até reservamos para contextos muito específicos e até, muitas vezes, na educação de adultos, na *alfabetização* de adultos. Raramente se fala da *alfabetização* para os níveis iniciais, para os momentos iniciais de aprendizagem da leitura e da escrita. *Alfabetização* era um conceito que ocorria e que ocorre em certas situações. Por exemplo, quando estamos a nos referir à formação de adultos que não sabem ler nem escrever, e, portanto, esse processo de lhes ensinar a ler e a escrever tem sido designado como *alfabetização*. (Dionísio, 2007, p. 210).

Martins (2010) analisou a definição dessas palavras nos dicionários do idioma português e verificou que, em muitos deles, os conceitos de *alfabetização* e *literacia/letramento* são tidos como sinônimos. No entanto, assim como esclarece Teixeira (2013), os linguistas atribuem-lhes diferentes significados. Para Benavente et al. (1996), “o conceito de *alfabetização* traduz o ato de ensinar e de aprender (a leitura, a escrita e o cálculo)” (p. 4), enquanto o de *letramento* traduz “a capacidade de usar as competências (ensinadas e aprendidas) de leitura, de escrita e de cálculo” (p. 4).

Soares (2004a) reforça a ideia, alegando que, enquanto *alfabetização* está relacionada com a aquisição do sistema convencional de escrita, *literacia/letramento* refere-se ao uso competente da leitura e da escrita em práticas sociais. Segundo a autora, *alfabetização* e *literacia/letramento* distinguem-se “tanto em relação aos objetos de conhecimento quanto em relação aos processos cognitivos e linguísticos de aprendizagem e, portanto, também de ensino desses diferentes objetos” (Soares, 2004a, p. 97).

Martins (2010), por sua vez, argumenta que a *alfabetização* é uma componente da *literacia/letramento*. De acordo com a autora, “a grande diferença entre *alfabetização* e *literacia* reside no fato de este último conceito se referir mais ao uso das competências do que à sua obtenção” (p. 16). Lima Santos e Gomes (2004) corroboram a ideia, defendendo que as competências da *alfabetização*, como, por exemplo, aprender a leitura, a escrita e o cálculo, são “básicas para nos tornarmos literatos, mas não são exclusivas, já que a *literacia* encontra as suas fundações na *alfabetização*, mas não se confina apenas a objetivos educacionais, remetendo-nos para o uso apropriado que o indivíduo dá à linguagem escrita” (p. 170).

Embora concordem com a distinção entre *alfabetização* e *literacia/letramento*, Krasilchik e Marandino (2004) justificam a utilização do termo *alfabetização científica* alegando que, apesar da diferença semântica entre *alfabetização* e *literacia/letramento*, o primeiro termo está consolidado nas práticas sociais brasileiras. Sendo assim, as autoras consideram que a *alfabetização científica* “engloba a ideia de *letramento*, entendida como a capacidade de ler, compreender e expressar opiniões sobre ciência e tecnologia, mas também

participar da cultura científica da maneira que cada cidadão, individualmente e coletivamente, considerar oportuno” (Krasilchik & Marandino, 2004, p. 18).

As pesquisadoras Sasseron e Carvalho (2011) também optam pela utilização do termo alfabetização científica. A escolha é alicerçada na concepção de alfabetização idealizada por Paulo Freire, na qual, conforme expõem as autoras, é entendida como “um processo que permite o estabelecimento de conexões entre o mundo em que a pessoa vive e a palavra escrita; e de tais conexões nascem os significados e as construções de saberes” (Sasseron & Carvalho, 2011, p. 61), além de “desenvolver em uma pessoa qualquer a capacidade de organizar seu pensamento de maneira lógica, além de auxiliar na construção de uma consciência mais crítica em relação ao mundo que a cerca” (Sasseron & Carvalho, 2011, p. 61).

Dessa forma, no idioma português, *scientific literacy* pode adquirir três traduções possíveis: literacia científica, letramento científico e alfabetização científica. Sasseron e Carvalho (2011) e Silva e Sasseron (2021) acrescentam que, na literatura brasileira, embora não seja resultado de sua tradução, alguns pesquisadores utilizam a expressão enculturação científica. Os que o fazem justificam o emprego desse termo ao defenderem que o ensino de ciências deve proporcionar condições para que os alunos integrem uma cultura científica, na qual noções, ideias e conceitos científicos fazem parte do seu intelecto, permitindo-lhes participar das discussões dessa cultura (Sasseron & Carvalho, 2011; Silva & Sasseron, 2021). A mesma interpretação também ocorre em França, país em que alguns investigadores adotam a expressão *culture scientifique* (Laugksch, 2000), além de *alphabétisation scientifique* (Silva & Sasseron, 2021).

No Brasil, alguns investigadores optam, ainda, pelo uso do termo alfabetização científica e tecnológica (Kauano & Marandino, 2022; Lorenzetti, 2023; Silva & Sasseron, 2021). Esta escolha parece estar relacionada tanto com a tradução do termo francês *alphabétisation scientifique et technique*, utilizado no artigo *Alphabétisation scientifique et technique: Essai sur les finalités de l'enseignement des sciences*, publicado por Fourez em 1994 (Silva & Sasseron, 2021), como também pela preferência teórica pela abordagem CTS, numa perspectiva crítica pertinente à dinâmica social (Lorenzetti, 2023; Richetti & Milaré, 2021). Ainda assim, há predominância da utilização dos termos letramento científico e alfabetização científica (Silva & Sasseron, 2021).

Diante do exposto, observa-se que tanto o significado como a tradução para o idioma português das palavras *literacy* e *literate*, constituem um motivo de debate entre os pesquisadores da área. No idioma inglês, o pluralismo de significados está mais relacionado com a palavra *literate* e que se compreende quando se diz que um indivíduo é *scientific literate*. No idioma português, a existência de, pelo menos, três traduções possíveis para a palavra *literacy* – literacia, letramento e alfabetização – está associada à definição dessas três palavras no idioma e, também, ao país em que o termo é usado, alfabetização e letramento no Brasil e literacia em Portugal. Contudo, há autores no Brasil que, mesmo reconhecendo a diferença semântica entre as palavras alfabetização e literacia/letramento, optam por utilizar a primeira, justificando o uso com base na consolidação do termo no país, como por exemplo Krasilchik e Marandino (2004), ou por entenderem que a palavra alfabetização pode assumir um significado mais amplo, como Sasseron e Carvalho (2011).

É necessário salientar, no entanto, que, ao menos no Brasil, o debate sobre a utilização de um termo ou de outro transcende a questão da tradução, refletindo uma discussão mais vinculada com a adesão teórica e com o campo de estudos da linguagem e do ensino de línguas (Cunha, 2017; Silva & Sasseron, 2021). Para Paulo Freire, por exemplo, a alfabetização não deve ser reduzida ao ensino de letras, sílabas e palavras (Freire, 2018), mas entendida como o domínio da escrita e da leitura em termos conscientes, em que um indivíduo entende o que lê e escreve o que entende (Freire, 1989).

Para Freire (2018), ser alfabetizado significa ser capaz de estabelecer conexões entre a palavra escrita e o mundo em que vive. Nesse sentido, a alfabetização estrutura-se “junto ao processo de tomada de consciência crítica a partir de problematizações da realidade

que são capazes de, a partir do universo vocabular próprio das pessoas educandas, atribuir sentidos profundos, diversos e conexos entre as palavras e o mundo” (Kauano & Marandino, 2022, p. 8), concepção esta que engloba aspectos previstos nas ideias de literacia/letramento e enculturação (Silva & Sasseron, 2021). Marandino et al. (2022) reforçam que a alfabetização freiriana é um processo “integral, problematizador, contextualizador, dialógico, que objetiva a tomada de consciência crítica de elementos teóricos e práticos rumo a práxis transformadora” (p. 98) e que esta concepção passou a nortear alguns eixos fundamentais dos estudos acerca da alfabetização científica na área da educação em ciências.

Nesta perspectiva, a utilização do termo alfabetização científica é fundamentada na aquisição de competências que permitem a um indivíduo estabelecer conexões e correspondências entre a sua realidade e o conhecimento científico, visando a compreensão da atividade científica e do seu uso para análise de situações e tomada de decisões (Silva & Sasseron, 2021). Essa concepção é utilizada por diversos autores da área do ensino de ciências (Kauano & Marandino, 2022), os quais assumem a alfabetização científica enquanto uma linguagem a ser apropriada de forma reflexiva (Chassot, 2003), possibilitando a participação e o engajamento para a transformação social (Valladares, 2021) e a construção de conhecimentos científicos para aplicá-los em situações cotidianas (Sasseron & Carvalho, 2011).

A opção pelo termo letramento científico, utilizado em inúmeras publicações brasileiras, está muito associada à abordagem CTS, cujas temáticas têm como objetivo expor os alunos a análises críticas de situações cotidianas que contrastam aspectos relacionados com a ciência, a tecnologia e a sociedade (Silva & Sasseron, 2021). Esta relação encontra abrigo em diversos estudos na área da linguagem (Kleiman, 1995; Soares, 2004b), considerando que, no letramento, a aprendizagem advém de práticas sociais e não da apropriação mecânica de um código (Silva & Sasseron, 2021). Ressalta-se, ainda, o fato de Soares (2004b) afirmar que, no Brasil, o surgimento do termo letramento esteve relacionado com o fracasso de métodos e estratégias para a alfabetização dos alunos, surgindo como alternativa para estratégias que aspiram à formação de leitores e produtores de texto.

Por sua vez, a utilização do termo enculturação científica, ainda que de baixa incidência, está relacionada com a oportunidade de vivência de diferentes aspectos da cultura científica (Silva & Sasseron, 2021). Contudo, de acordo com as autoras, é possível encontrar marcas do processo de enculturação científica nas definições de letramento científico e alfabetização científica “quando estas revelam a intenção de que o ensino de ciências permita aos estudantes o contato com diferentes aspectos da investigação científica e não apenas com os conceitos, leis e teorias” (Silva & Sasseron, 2021, p. 4).

Vale ressaltar que muitas pesquisas utilizam uma dessas palavras sem justificar o porquê da sua escolha. Isso pode estar associado ao fato de estas palavras serem classificadas como sinônimos nos dicionários da língua portuguesa (Martins, 2010), não havendo, na visão dos autores, a necessidade de justificá-lo.

Tendo em vista que este estudo faz parte de um projeto maior, que está sendo realizado por investigadores de um centro de investigação de Portugal, país em que o termo mais utilizado é a literacia (Dionísio, 2007), e fundamentado nas diferenças semânticas entre alfabetização e literacia/letramento anteriormente expostas, principalmente, no fato de que a literacia/letramento está mais relacionada com a utilização das competências do que com a sua obtenção (Martins, 2010), o presente estudo optou pela utilização do termo literacia científica em detrimento dos outros análogos a este, o qual será utilizado a partir de agora para se referir a qualquer um desses termos similares.

Nesse sentido, a seguir, será discutido outro fator gerador de vigorosas polémicas e passível de debate: o seu conceito de literacia científica.

O CONCEITO DE LITERACIA CIENTÍFICA

Desde o surgimento do termo literacia científica, uma das questões que norteia os debates na comunidade científica é a definição do seu conceito (Laugksch, 2000). De acordo com DeBoer (2000), nem mesmo Hurd e os autores do *Rockefeller Report* se atentaram para esta questão e apenas descreveram a literacia científica, de uma forma ampla, como o “conhecimento sobre a ciência e o empreendimento científico, especialmente no contexto da importância estratégica recém-adquirida da ciência na sociedade” (DeBoer, 2000, p. 587).

Além disso, o autor refere que, embora tenha havido muitas tentativas de definir o conceito de literacia científica, nenhuma delas foi universalmente aceita. Diversas são as razões para tal cenário, sendo a mais importante, na perspectiva de DeBoer (2000), “o fato de que a literacia científica é um conceito amplo que engloba muitos temas educacionais historicamente significativos que sofreram modificações ao longo do tempo” (p. 582).

Laugksch (2000), por sua vez, apresentou cinco principais fatores capazes de influenciar a interpretação do termo literacia científica, resultando em um conceito mal definido, difuso e controverso, sendo eles: “o número de diferentes grupos de interesse preocupados com a literacia científica, diferentes definições conceituais do termo, a natureza relativa ou absoluta da literacia científica enquanto conceito, diferentes propósitos para defender a literacia científica e diferentes maneiras de avaliá-la” (Laugksch, 2000, p. 74).

Dentro do primeiro fator – grupos de interesse –, o autor distingue quatro diferentes grupos. O primeiro é representado pela comunidade da educação científica, cujo interesse principal é a relação entre a educação formal e a literacia científica. O segundo, composto por cientistas sociais e pesquisadores de opinião pública, preocupa-se com o apoio público da ciência, assim como com a participação pública de atividades científicas e tecnológicas. O terceiro grupo inclui sociólogos e educadores da ciência interessados na abordagem sociológica da literacia científica e na forma como esse conhecimento é utilizado no dia a dia. E, por fim, o quarto grupo de interesse, formado pela comunidade de educação científica informal, compreendendo museus de ciências, zoológicos, jardins botânicos, jornalistas e escritores científicos, cujo interesse está na promoção de oportunidades para que o público em geral possa se familiarizar com a ciência (Laugksch, 2000).

Relativamente ao segundo fator – diferentes definições conceituais do termo –, Laugksch (2000) afirma que, ao longo das décadas que se seguiram ao aparecimento do termo literacia científica, este foi sendo desenvolvido como conceito. Desde então, um grande número de definições e interpretações foram propostas, muitas delas fundamentadas em pesquisas e outras baseadas em percepções (Laugksch, 2000). O autor faz referência a alguns autores que iniciaram o trabalho de definição do termo literacia científica, entre eles Pella et al. (1966), Showalter (1974), Shen (1975) e Branscomb's (1981). No entanto, foi John Miller, em 1983, que propôs uma definição multidimensional para a literacia científica na sua publicação *Scientific Literacy: A Conceptual and Empirical Review* no *Daedalus - Journal of the American Academy of Arts and Sciences* (Laugksch, 2000).

Para Miller (1983), o conceito de literacia científica deve apresentar três dimensões para se tornar de fato relevante para a condição contemporânea: a compreensão dos termos científicos, o conhecimento de como a ciência está estruturada e o entendimento do impacto da ciência e da tecnologia na sociedade. De acordo com o autor, até então somente as duas primeiras eram tradicionalmente utilizadas para definir a literacia científica.

No que se refere ao terceiro fator – a natureza relativa ou absoluta da literacia científica enquanto conceito –, Laugksch (2000) argumenta sobre a falta de precisão na definição da palavra *literate*, conforme apresentado na seção anterior. De acordo com o autor, o termo pode ser entendido como literato (*literate as learned*), detentor de um conhecimento (*literate as competent*) e como aquele que possui o conhecimento e as competências mínimas aceitáveis para desempenhar um determinado conjunto de funções na sociedade (*literate as able to function minimally in society*) (Laugksch, 2000).

O quarto fator apontado pelo autor – propósito e benefícios da literacia científica – leva em consideração o fato de que, embora a ideia de literacia científica seja vista como algo positivo, as razões para defendê-la ainda têm sido pouco explicitadas. Por esse motivo, Laugksch (2000) agrupou os argumentos a favor da literacia científica em duas perspectivas: macro e micro. Na ótica macro, os argumentos abordam a conexão entre a literacia científica e o bem-estar econômico de uma nação, o suporte público a favor da ciência e a relação entre ciência e cultura. De acordo com Laugksch (2000), “a visão macro dos argumentos a favor da promoção da literacia científica inclui, portanto, benefícios para as economias nacionais, a própria ciência, a formulação de políticas científicas e as práticas democráticas, bem como para a sociedade como um todo” (pp. 85-86). Na visão micro, o autor afirma que uma população cientificamente literata resultará em cidadãos mais confiantes e competentes para lidar com assuntos relacionados com a ciência e a tecnologia que emergem ao longo do seu dia a dia.

Por fim, acerca do quinto fator – avaliação da literacia científica –, Laugksch (2000) aponta que a avaliação da literacia científica pode ser realizada utilizando técnicas de observação em estudos de caso e entrevistas e por meio de questionários e testes. A escolha do instrumento a ser utilizado é feita de acordo com o grupo de interesse e com o objetivo do estudo. Este aspecto será abordado mais adiante na seção sobre a avaliação da literacia científica.

Observa-se que fatores relevantes envolvem a complexidade na definição do conceito de literacia científica. Dessa forma, a seguir são apresentadas algumas das definições que parecem ser mais relevantes no contexto da educação científica.

Miller (1998) argumenta que, para ser considerado cientificamente literato, o indivíduo deve conhecer os conceitos científicos, entender a metodologia utilizada pela ciência e compreender como a ciência e a tecnologia podem interferir na sociedade. Segundo o autor, a literacia científica deve ser vista como o nível de compreensão da ciência e da tecnologia necessária para um indivíduo atuar minimamente como cidadão e consumidor na sociedade e, nesse sentido, a definição de literacia científica não implica um nível ideal, ou mesmo aceitável, de compreensão, mas sim um nível mínimo (Miller, 1998).

Em estudos anteriores (Miller, 1983a, 1987, 1989, 1992, citados por Miller, 1998), o autor argumenta que, além dos aspectos citados acima, é necessário dominar um vocabulário básico de termos e conceitos científicos. Esta ideia vai ao encontro daquela apresentada por Chassot (2003), na qual a ciência é entendida como uma linguagem e, sendo assim, ser cientificamente literato é ser capaz de ler e interpretar os fenômenos naturais. O autor define literacia científica como “o conjunto de conhecimentos que facilitariam aos homens e mulheres fazer uma leitura do mundo onde vivem” (Chassot, 2000, p. 19) e compara a dificuldade desse processo com a dificuldade de ler um texto num idioma desconhecido. Tal perspectiva é partilhada por Viechneski et al. (2012), os quais defendem que os conhecimentos adquiridos pelo indivíduo através do domínio da linguagem das ciências são “fundamentais para a sua ação na sociedade, auxiliando-o nas tomadas de decisões que envolvam o conhecimento científico” (p. 858).

Para a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (*Organisation for Economic Co-operation and Development* – OECD), “o conhecimento da ciência e da tecnologia de base científica contribui de forma significativa para a vida pessoal, social e profissional dos indivíduos, sua compreensão é fundamental para a preparação para a vida de uma pessoa jovem” (INEP, 2015, p. 3). Nesse sentido, a OECD define a literacia científica como “a capacidade de se envolver com questões relacionadas com a ciência e com as ideias da ciência, como um cidadão reflexivo” (OECD, 2017a, p. 22), declarando que “uma pessoa cientificamente literata está disposta a se envolver em discursos fundamentados sobre ciência e tecnologia, o que requer competências para explicar fenômenos cientificamente, avaliar e projetar investigações científicas e interpretar dados e evidências cientificamente” (p. 22).

Por sua vez, o Conselho da União Europeia (*Council of the European Union* – CEU), referindo-se à literacia científica como competência em ciência (Siarova et al., 2019), a

concebe como uma competência-chave, relacionada com a “capacidade e a disposição de explicar o mundo natural utilizando o conjunto de conhecimentos e a metodologia empregada, incluindo observação e experimentação, para identificar perguntas e tirar conclusões baseadas em evidências” (Council of the European Union, 2018, p. 9). O CEU associa a competência em ciência às competências em tecnologia e engenharia, pelo fato destas estarem relacionadas com as aplicações de conhecimentos e metodologias da competência em ciência, em virtude de aspirações ou necessidades humanas (Council of the European Union, 2018). Nesse sentido, “as competências em ciência, tecnologia e engenharia envolvem uma compreensão das mudanças causadas pela atividade humana e da responsabilidade como cidadão individual” (Council of the European Union, 2018, p. 9).

Siarova et al. (2019) alegam que, embora a OECD e o CEU apliquem conceitos distintos, a essência do conceito de literacia científica e de competência científica é semelhante, evidenciando a importância da compreensão do impacto da ciência, da tecnologia e da atividade humana na sociedade e a responsabilidade dos cidadãos.

O Conselho Nacional de Pesquisa dos Estados Unidos (*National Research Council – NRC*), através dos Padrões Nacionais de Educação Científica (*National Science Education Standards*), documento que estabelece o que estudantes estadunidenses precisam conhecer, entender e ser capazes de saber fazer para serem considerados cientificamente literatos em cada série/ano, define literacia científica como “o conhecimento e a compreensão dos conceitos e processos científicos necessários para a tomada de decisões pessoais, a participação em assuntos cívicos e culturais e a produtividade econômica” (NRC, 1996, p. 22). De acordo com o documento, ser cientificamente literato significa que

uma pessoa pode perguntar, encontrar ou determinar respostas a perguntas derivadas da curiosidade sobre experiências cotidianas. Isso significa que uma pessoa tem a capacidade de descrever, explicar e prever fenômenos naturais. A literacia científica implica ser capaz de ler com compreensão artigos sobre ciência na imprensa popular e participar de conversas sociais sobre a validade das conclusões. A literacia científica implica que uma pessoa possa identificar questões científicas subjacentes às decisões nacionais e locais e expressar posições que sejam científica e tecnologicamente informadas. Um cidadão literato deve ser capaz de avaliar a qualidade das informações científicas com base em sua fonte e nos métodos usados para gerá-las. A literacia científica também implica a capacidade de apresentar e avaliar argumentos com base em evidências e de aplicar adequadamente as conclusões de tais argumentos. (NRC, 1996, p. 22).

O diretor do Projeto 2061, desenvolvido pela Associação Americana para o Avanço da Ciência (*American Association for the Advancement of Science – AAAS*), George Nelson, em seu artigo *Science Literacy for All in the 21st Century* (Nelson, 1999), aponta que, de acordo com as instituições AAAS, Academia Nacional de Ciências e Associação Nacional de Professores de Ciências (*National Academy of Sciences e National Science Teachers Association – NSTA*), a literacia científica consiste no “conhecimento de determinados fatos, conceitos e teorias científicas importantes; o exercício de hábitos mentais científicos; e compreensão da natureza da ciência, as suas conexões com a matemática e a tecnologia, o seu impacto sobre os indivíduos e o seu papel na sociedade” (Nelson, 1999, p. 15).

Bybee (2012) refere-se à literacia científica como o objetivo central da educação científica, tratando-se do “conhecimento científico e uso desse conhecimento para identificar questões, adquirir novos conhecimentos, explicar fenômenos científicos e tirar conclusões baseadas em evidências sobre questões relacionadas à ciência” (p. 65).

Howell e Brossard (2021), por sua vez, criticam as definições anteriores e defendem que, devido à complexidade contemporânea da ciência, das questões sociais e das redes de informação, uma definição de literacia científica deve considerar “todo o ‘ciclo de vida das informações científicas’” (p. 1). Embora não proponham uma definição para a literacia científica, os autores sustentam que, na atualidade, um indivíduo cientificamente literato necessita de capacidades e competências que lhe permita

1) compreender como a ciência é produzida e o que isso significa para o modo como a ciência se relaciona com a sociedade mais ampla, ou “literacia científica cívica”; 2) compreender como as informações científicas aparecem e se propagam pelos sistemas de mídia, ou “literacia científica em mídia digital”; e 3) compreender como as pessoas interpretam as informações científicas quando se deparam com elas, ou “literacia científica cognitiva”. (Howell & Brossard, 2021, p. 2).

DeBoer (2000), numa perspectiva singular, sugere que se deva aceitar “o fato de que a literacia científica é simplesmente sinônimo de compreensão da ciência pelo público e que esse é necessariamente um conceito amplo” (p. 594). Segundo o autor, alguns investigadores admitiram que a literacia científica é apenas um lema útil para educadores e pesquisadores da área do ensino apoiarem a melhoria do ensino de ciências e, desta forma, “falar de literacia científica é simplesmente falar da própria educação científica” (DeBoer, 2000, p. 582).

Em um estudo mais recente, Rudolph (2023) afirma que a literacia científica é simplesmente “a compreensão da ciência que idealmente esperaríamos de um não especialista, ou seja, alguém que não esteja em uma carreira que implique o uso técnico de conceitos científicos, teorias, vocabulário, técnicas e afins” (p. 521). Em sua pesquisa, o autor afirma existirem diversas acepções para o termo literacia científica e apresenta quatro que, para ele, são as mais proeminentes, as quais são descritas a seguir.

Na primeira, estabelecida entre as décadas de 1950 e 1960, a fim de manter a elite científica num sistema político democrático, a literacia científica foi definida como o conhecimento necessário para que “o cidadão comum aprenda o suficiente sobre os cientistas e sobre como eles trabalham para apreciar e apoiar o empreendimento científico” (Rudolph, 2023, p. 526). Nesse sentido, a educação científica era concebida para fomentar o apreço e o respeito do público pela ciência, a fim de garantir a continuidade do financiamento público (Rudolph, 2023).

Na segunda acepção, iniciada no início da década de 1970 e mais voltada para uma compreensão crítica da ciência e da sociedade, o entendimento de literacia científica estava mais associado à compreensão das relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade. Esta mudança se fez necessária devido a um seguimento crescente do público que passou a vincular a ciência com as armas de guerra, com a poluição do meio ambiente e com os perigos para a saúde e para o bem-estar. Desta forma, a definição de literacia científica passou a incluir o reconhecimento dos efeitos nocivos e das limitações do empreendimento científico, numa tentativa de reabilitar a imagem da ciência e “reconduzir o público à era de ouro do generoso apoio federal aos cientistas e à pesquisa científica”, referindo-se às duas décadas anteriores (Rudolph, 2023, p. 527).

A terceira acepção, que surgiu no fim da década de 1970, ganhando força nas duas décadas a seguir, relacionava-a mais com o desenvolvimento económico. Nesse período, a ideia de literacia científica passou a estar mais associada com o desenvolvimento de “competências técnicas e habilidades profissionais para aqueles que estão prestes a ingressar em carreiras relacionadas com a ciência, bem como para o público em geral, que não é ligado à ciência, eliminando assim os limites entre os dois” (Rudolph, 2023, p. 527).

Por fim, a quarta acepção, uma das mais recentes, associa a literacia científica ao conhecimento básico do conteúdo de ciências. Rudolph (2023) alega que esta visão teve origem no crescente enfoque nas avaliações padronizadas, que ganharam força na década de 1970, principalmente nos Estados Unidos. Afirma, ainda, que o surgimento dos testes de literacia científica e, no final do século XX e início do século XXI, das avaliações internacionais Estudo Internacional de Tendências em Matemática e Ciências (*Trends in International Mathematics and Science Study – TIMSS*) e do Programa Internacional de Avaliação de Alunos (*Programme for International Student Assessment – PISA*), fez com que o conceito de

literacia científica fosse reduzido a algo que pode ser testado, normalmente, associado à recordação de fatos básicos (Rudolph, 2023).

Dentre os muitos esforços empenhados na tentativa de descrever o conceito e sistematizar os elementos da literacia científica, o estudo de Roberts (2011), que ampliou a discussão do seu estudo de 2007 (Roberts, 2007), e de Valladares (2021) têm grande relevância, principalmente no contexto escolar. Roberts (2011), com o intuito de discutir e analisar a concorrência sobre o conceito de literacia científica e de não se perder nos pormenores associados às dezenas de definições para o termo, compilou diversas significações presentes na literatura do campo de investigação em educação em ciências e as organizou em duas visões majoritárias recorrentes nos currículos para educação científica, visões I e II. Para o autor, “uma visão fornece aos educadores profissionais, investigadores, legisladores e ao público uma resposta à pergunta geral: 'O que uma pessoa cientificamente literata deve saber e ser capaz de fazer?' (Assim, 'imaginamos' a pessoa cientificamente literata).” (Roberts, 2011, p. 12).

A visão I, considerada internalista (Silva & Sasseron, 2021), está mais relacionada com os produtos, os processos e as características do empreendimento científico, bem como com o desenvolvimento da compreensão conceitual, ou seja, com a disciplina de ciências propriamente dita (Roberts, 2011). De acordo com Roberts (2011), na perspectiva da visão I, a ciência escolar está orientada para desenvolver um conjunto de potenciais cientistas.

A visão II, considerada externalista (Silva & Sasseron, 2021), refere-se aos aspectos e situações em que a ciência desempenha comprovadamente um papel nos assuntos humanos, ou seja, que a ciência expressa, impõe e recebe da sociedade, incluindo, mas não se limitando, ao pensamento e à atividade científica (Roberts, 2011). Na ótica da visão II, mais alinhada com a abordagem CTS e, mais recentemente, com o movimento da Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS), a ciência escolar está orientada para que os alunos compreendam e enfrentem situações relacionadas com a ciência que, quando adultos, se confrontarão como cidadãos (Roberts, 2011).

De acordo com o autor, a principal diferença entre a visão I e II não está na definição de literacia científica, mas nos propósitos formativos (Roberts, 2011). Tais propósitos, segundo Silva e Sasseron (2021) orientam a escolha dos conteúdos, dos objetivos e das abordagens didáticas adotadas em sala de aula, reconhecendo que a visão I envolve elementos e atividades tradicionais, enquanto a visão II considera as ações e as relações do ensino de ciências no dia a dia dos alunos. Valladares (2021) corrobora a ideia, afirmando que ambas as visões resultam do avanço da investigação no âmbito da abordagem CTS mas, enquanto a visão I reflete uma imagem positivista da ciência, isolada da sociedade, “cujas práticas de ensino se concentravam em alcançar os conceitos canônicos da ciência” (p. 564), a visão II repercute uma ciência pós-positivista, vinculada à sociedade, “cujas práticas de ensino mudaram, concentram-se no contexto tecnológico e social no qual a ciência é desenvolvida” (p. 565).

Em seu estudo, Valladares (2021) analisou as principais visões de literacia científica desenvolvidas nos últimos 20 anos e caracterizou o contexto histórico associado às duas visões propostas por Roberts (2011), apresentando uma terceira visão. De acordo com Valladares (2021), essa nova visão advém do avanço dos estudos em CTS, que permitiu demonstrar como a sociedade e a cultura são co-construídas pela ciência, exigindo uma nova visão de literacia científica.

A visão III, além de expandir o escopo conceitual de literacia científica desenvolvido na visão II, assume o ensino de ciências para além da sua contextualização social e agrega questões relacionadas com o envolvimento social e o impacto cidadão (Valladares, 2021). Essa visão compreende três aspectos inovadores: a fusão dos significados fundamentais e derivados de literacia científica; a introdução das noções de engajamento e participação na ciência; e a inclusão de uma agenda política e emancipatória alinhada com os valores de equidade e de justiça social (Valladares, 2021).

Para a autora, esses três aspectos alinham a visão III com os desafios do século XXI, em virtude de este estar mais propenso à volatilidade, à incerteza, à complexidade, à ambiguidade e ser cada vez mais difícil de antever e gerir. Alega ainda que,

a fim de transformar as relações humanas e, consequentemente, os diferentes mecanismos de injustiça e de lacunas econômicas, culturais e sociais, e alterar as crescentes expressões de ódio e violência contra determinados grupos sociais, bem como interromper a exacerbação da crise ambiental, não basta contextualizar a ciência e refletir sobre seus múltiplos riscos e impactos, mas é necessária uma orientação diferente da educação científica e um conjunto de competências que promovam maior ativismo social e ação individual e coletiva. (Valladares, 2021, p. 565)

Silva e Sasseron (2021) corroboram a ideia, afirmando que a visão III de Valladares (2021) integra e transcende as construções teóricas presentes nas visões I e II de Roberts (2011), atualizando a ideia de literacia científica necessária para o século XXI.

Em síntese, percebe-se que, desde a origem do termo até aos dias atuais, diversos estudos procuraram identificar, clarificar, categorizar e discriminar a ideia de literacia científica e o seu real significado para a educação científica e para o público (Rudolph, 2023). No entanto, o fato é que “a literacia científica, em outras palavras, nunca foi realmente uma coisa específica” (Rudolph, 2023, p. 528) e que não há uma identidade ou um significado único para o termo.

A existência de múltiplas definições reflete a complexa tarefa de dar significado à literacia científica, pois trata-se de um conceito que está em constante mudança e sujeito a contextos sociais, culturais e políticos (Queiruga-Dios et al., 2020, Rudolph, 2023). Essa conjuntura está relacionada com o fato de que, desde meados do século passado, os estudos na área da educação em ciências discutem e incorporam novas perspectivas à ideia de literacia científica, a qual, na atualidade, deve ser mais ampla e explicitamente voltada à transformação social (Silva & Sasseron, 2021). Além disso, é preciso reconhecer que, conforme afirmam Kauano e Marandino (2022), o conceito de literacia científica, assim como o do movimento CTS, se desenvolveu ao longo do tempo e a partir de diferentes concepções de ciência e da sua relação com a educação e com a sociedade.

Ainda assim, a análise realizada descreve de forma concisa como a literacia científica deixou de limitar-se à leitura e escrita de textos científicos para incluir o âmbito social, substituindo uma visão transmissiva por uma visão transformadora. Além disso, é possível afirmar que, dentro deste conglomerado de definições, atualmente, a literacia científica, além de incluir competências cognitivas, afetivas, comunicativas e tecnológicas, está associada às competências e ao conhecimento científico-tecnológico necessários para: compreender a ciência, explicar fenômenos naturais, solucionar problemas, participar ativamente em questões relacionadas com assuntos científicos e para compreender as suas diversas aplicações na sociedade, como nas ciências médicas, na engenharia, nas telecomunicações, entre outras áreas, que permitem uma maior participação e envolvimento da ciência num contexto social (Valladares, 2021).

Uma vez apresentadas as questões conceituais básicas que envolvem os debates a respeito da literacia científica, a seção a seguir analisará como ela tem sido avaliada ao longo do tempo. Embora esta análise não se debruce sobre o debate acerca do conceito de literacia científica, ilustra a forma como ela tem sido avaliada e apresenta alguns dos principais instrumentos utilizados para avaliá-la.

A AVALIAÇÃO DA LITERACIA CIENTÍFICA

Apesar do vigoroso debate em torno do termo e do conceito de literacia científica, até à década de 1980 poucas pesquisas eram realizadas com o objetivo de avaliá-la (Miller, 1983; Rudolph, 2023). Segundo Miller (1983), antes da década de 1960 os testes eram

realizados a nível escolar e, na sua maioria, aplicados a populações selecionadas de algumas escolas, o que, para uma avaliação nacional, era insuficiente.

No ano de 1979, uma pesquisa americana, realizada pela Fundação Nacional da Ciência dos Estados Unidos (*National Science Foundation*), aplicou um teste a adultos a fim de avaliar as suas atitudes em relação à ciência e à tecnologia. O teste utilizou uma amostra considerável da população estadunidense, contando com uma quantidade de itens suficientes para medir cada uma das três dimensões da literacia científica e, para que o indivíduo pudesse ser considerado cientificamente literato, era necessário um mínimo de acertos em cada uma das três áreas (Miller, 1983). Os resultados da pesquisa indicaram que apenas 7% dos avaliados foram qualificados como cientificamente literatos, dos quais a maioria eram homens, com idade acima de 35 anos e universitários graduados. Miller (1983) salienta que mesmo entre os licenciados, apenas um quarto foi considerado cientificamente literato.

Na década de 1980, principalmente após a publicação do artigo de Miller (1983), muitos trabalhos passaram a ser conduzidos com o objetivo de avaliar o conhecimento dos alunos em relação às três dimensões de literacia científica (Laugksch & Spargo, 1996a). Em outro artigo (Laugksch & Spargo, 1996b), os autores afirmam que as dimensões propostas por Miller (1983) – a natureza da ciência, o conhecimento da ciência e o impacto da ciência e da tecnologia na sociedade – orientaram a maioria das pesquisas nacionais e internacionais a respeito da literacia científica, as quais vêm sendo realizadas nos Estados Unidos, Grã-Bretanha, Comunidade Europeia, China, Japão, Suécia, Canadá, Austrália e Coreia do Sul.

Contudo, Laugksch e Spargo (1996b) alegam que na maior parte das pesquisas que desenvolveram instrumentos de avaliação da literacia científica, os pesquisadores propuseram testes separados para cada uma dessas dimensões. Os autores apresentam os testes mais reconhecidos até então, elaborados a fim de avaliar uma das três dimensões da literacia científica propostas por Miller (1983), são eles: o *Test on Understanding Science* (TOUS), elaborados por Cooley and Klopfer em 1961; o *Nature of Scientific Knowledge Scale* (NSKS), proposto por Rubba and Anderson em 1978; o *Nature of Science Scale* (NOSS) criado por Kimball em 1968; e o *Views of Science-Technology-Society* (VOSTS), elaborado por Aikenhead e Ryan em 1992.

Gormally et al. (2012) corroboram a ideia, afirmando que diversos instrumentos foram desenvolvidos para avaliar aspectos individuais de competências relacionadas com a literacia científica, mas nenhum é capaz de medir todas as competências. Em seu estudo, as autoras apresentam apenas 11 instrumentos, os quais incluem itens sobre competências relativas aos processos científicos não laboratoriais, como a definição de ciência, sobre o vocabulário e o conteúdo da ciência, sobre o pensamento e o raciocínio crítico e sobre a qualidade, a credibilidade e a interpretação da pesquisa científica.

Fives et al. (2014), alegam que os instrumentos atuais se baseiam em algum grau de conhecimento complexo de uma ou mais disciplinas científicas específicas e que a maioria não inclui a avaliação da atitude dos alunos em relação à ciência. Coppi et al. (2023c), ao realizarem uma revisão sistemática de literatura sobre a avaliação da literacia científica a partir da década de 1990, identificaram somente 13 instrumentos, utilizados em 43 estudos. Os autores constataram que a maioria dos instrumentos avalia as diferentes competências de literacia científica e foram desenvolvidos para os alunos do Ensino Médio.

Laugksch e Spargo (1996b) também evidenciaram que a maior parte dos instrumentos desenvolvidos apresentavam limitações metodológicas consideráveis. Com exceção daqueles que avaliam a dimensão do impacto da ciência e da tecnologia na sociedade, os instrumentos têm se baseado em um número relativamente pequeno de itens, com validade de conteúdo não especificada (Laugksch & Spargo, 1996b). Os autores revelam, ainda, que muitas das pesquisas recorriam a entrevistas e a questionários presenciais ou por telefone, o que tornava o estudo caro e demorado, restringindo o seu uso a pesquisas com alto financiamento e com poucos participantes.

Os estudos de Gormally et al. (2012) e de Coppi et al. (2023c) reforçam tais limitações metodológicas, principalmente no que diz respeito à apresentação dos processos

de validação dos instrumentos. Gormally et al. (2012), considerando os estudos analisados, afirmam que as propriedades psicométricas dos instrumentos utilizados nestes estudos que avaliaram a literacia científica eram desconhecidas, sendo este fator limitador para a generalização dos resultados.

Coppi et al. (2023c), por sua vez, identificaram que apenas seis dos 13 instrumentos identificados apresentam e descrevem os processos de recolha de evidências de validade baseadas no conteúdo e na estrutura interna. Dos outros sete, quatro indicam-nos, mas não os descrevem, e três retratam parcialmente os processos, especificando apenas a recolha de evidências de validade baseadas na estrutura interna dos instrumentos, deixando as evidências de validade baseadas no conteúdo apenas com a informação de que o instrumento passou pela avaliação de um painel de especialistas (Coppi et al., 2023c).

Levando em consideração a diversidade de instrumentos desenvolvidos desde a década de 1980, a fim de avaliar conteúdos e competências específicas nas diversas áreas das ciências, a seguir, serão abordados os cinco instrumentos mais utilizados nas publicações indexadas nas bases de dados B-On, SciELO, Google Académico e RCAAP, a saber: o *Test of Basic Scientific Literacy* (TBSL), o *Test of Scientific Literacy Skills* (TOSLS), o *Scientific Literacy Assessment* (SLA), o *Global Scientific Literacy Questionnaire* (GSLQ) e o *Scientific Inquiry Literacy* (ScInqLiT) (Coppi et al., 2023c). Acrescenta-se a estes o instrumento de Avaliação da Literacia Científica Essencial (ALCE), desenvolvido por Coppi et al. (2023b), um instrumento de análise qualitativa, desenvolvido por Sasseron e Carvalho (2008), e dois instrumentos internacionais de avaliação, o PISA e o TIMSS.

Os instrumentos

Embora não se trate de um instrumento propriamente dito, Sasseron e Carvalho (2008) sugerem uma análise qualitativa da presença de indicadores de literacia científica em argumentações feitas pelos alunos após uma sequência didática de investigação proposta pelas autoras. Elas afirmam que as habilidades associadas ao trabalho do cientista como a seriação, organização e classificação das informações, raciocínio lógico e proporcional, levantamento e teste de hipóteses, justificativa, previsão e explicação são trabalhadas e desenvolvidas pelos alunos em sala de aula e podem atuar como indicadores da literacia científica.

Esses indicadores representam competências das ciências e do fazer científico “desenvolvidas e utilizadas para a resolução, discussão e divulgação de problemas em quaisquer das Ciências quando se dá a busca por relações entre o que se vê do problema investigado e as construções mentais que levem ao entendimento dele” (Sasseron & Carvalho, 2008, p. 338).

No que se refere aos instrumentos de avaliação, os pesquisadores Laugksch e Spargo (1996a) desenvolveram e validaram um instrumento capaz de avaliar a literacia científica dos estudantes finalistas do Ensino Médio, o TBSL. O teste é composto por 110 itens, no formato “verdadeiro-falso-não sei”, baseados em cinco secções do *Science for All Americans*, programa desenvolvido pelo Projeto 2061 da AAAS, que estabelece recomendações sobre os conhecimentos e as competências que todos os estudantes americanos deveriam ter nas disciplinas científicas ao concluírem o Ensino Médio (AAAS, 1989).

Os itens do TBSL cobrem “ideias e atitudes importantes sobre a ciência, cuja compreensão foi considerada por centenas de especialistas, com o objetivo de abarcar o sentido do indivíduo cientificamente alfabetizado” (Nascimento-Schulze, 2006, p. 102). Para isso, o teste é dividido em três subtestes distintos, baseados nas três dimensões constitutivas de literacia científica propostas por Miller (1983), a saber: natureza da ciência, conhecimento do conteúdo da ciência e impacto da ciência e da tecnologia na sociedade.

Outro instrumento disponível é o TOSLS, desenvolvido e validado por Gormally et al. (2012) com base nas

definições-chave estabelecidas em documentos e análises de políticas educacionais para definir os principais aspectos da literacia científica para este instrumento (AAAS, 1993, 2010; National Academy of Sciences, 1997; Organisation for Economic Co-operation and Development, 2003; Sundre, 2003; Picone et al., 2007; Holbrook e Rannikmae, 2009; Bray Speth et al., 2010). (Gormally et al., 2012, p. 336).

O TOSLS é composto por 28 itens de múltipla escolha especificamente elaborados para avaliar a qualidade da informação e dos argumentos científicos expostos na mídia por cientistas, por meio de evidências e dados. Segundo as autoras, os itens estão contextualizados “em torno de problemas do mundo real, por exemplo, avaliar a confiabilidade de um site da internet que contém informações científicas ou determinar o que constituiria evidência para apoiar a eficácia de um produto de condicionamento físico” (Gormally et al., 2012, p. 365).

As autoras sugerem que o TOSLS seja aplicado no início e fim do processo educacional para que ele seja capaz de detectar os ganhos na aprendizagem entre o pré e pós teste. Dessa maneira, o TOSLS objetiva a identificação da lacuna entre a literacia científica que está a ser ensinada pelos professores e aquela que está a ser aprendida pelos alunos (Gormally et al., 2012).

O SLA, elaborado por Fives et al. (2014), representa um dos poucos instrumentos desenvolvidos para avaliar a literacia científica dos alunos do Ensino Fundamental II. Segundo os autores, as competências e as habilidades consideradas como necessárias para a literacia científica utilizadas na construção do SLA foram baseadas em documentos propostos por agências de educação científica, como a AAAS, a NSTA, a NRC e a OECD (Fives et al., 2014). A partir destes documentos foram geradas seis componentes da literacia científica, a saber: o papel da ciência, o pensar e o fazer científicos, a ciência e a sociedade, letramento em mídia científica, a matemática na ciência e a motivação e as crenças científicas (Fives et al., 2014).

O instrumento é dividido em duas seções distintas, a *SLA-Demonstrated* e a *SLA-Motivation and Beliefs*. A primeira seção é composta por 26 itens de múltipla escolha relacionados com os componentes cognitivos da literacia científica, como o papel da ciência, o pensamento científico, a relação entre ciência e sociedade e a importância da matemática na ciência. A segunda, contém 25 itens no formato da escala de *Likert*, que examinam os componentes afetivos da literacia científica, como a autoeficácia, a epistemologia pessoal para a ciência, a motivação e as crenças (Fives et al., 2014).

O GSLQ, proposto por Mun et al. (2015), é composto por 48 itens que avaliam a literacia científica em relação aos hábitos de pensamento, ao caráter e aos valores, à ciência como uma atividade humana e à metacognição e à autogestão. Desenvolvido para avaliar alunos do Ensino Médio, o instrumento é alicerçado nas concepções de literacia científica propostas por estudos que representam uma síntese da pesquisa sobre literacia científica (Mun et al., 2015).

O ScInqLiT, desenvolvido por Wenning (2007), avalia diferentes competências de literacia científica, tais como: identificar e controlar variáveis; reconhecer e analisar explicações e modelos alternativos; tirar conclusões apropriadas das evidências; compreender e analisar os dados; construir e interpretar gráficos; elaborar hipóteses; projetar procedimentos experimentais; e identificar problemas a serem investigados (Wenning, 2007). De acordo com o autor, o teste baseia-se no documento *Science and Its Ways of Knowing* e não deve ser interpretado como um teste de desempenho, mas como um instrumento capaz de identificar fragilidades na compreensão dos alunos, de melhorar a prática educacional e de avaliar a eficácia do programa educacional referente às competências da investigação

científica. Composto por 35 itens, o ScInqLiT é destinado aos alunos dos Ensinos Fundamental II e Médio.

Por fim, o ALCE, desenvolvido por Coppi et al. (2023b), avalia as competências de literacia científica dos alunos no final do Ensino Fundamental II, nos domínios cognitivos de compreensão, análise e avaliação de fenómenos, problemas e situações do quotidiano que envolvam conhecimentos e competências de conteúdos desenvolvidos nas disciplinas de Ciências Naturais e Físico-Química (Coppi et al., 2023b). O instrumento é composto por 34 itens, em um formato adaptado do verdadeiro-falso, fundamentados nos principais documentos curriculares portugueses em vigência, e apresenta-se como uma ferramenta útil para identificar possíveis lacunas entre os objetivos de ensino e a proficiência dos alunos em literacia científica e para que os professores possam refletir sobre as metodologias, planos de aula e estratégias usadas em sala de aula, a fim de alterá-los para melhor desenvolver a literacia científica dos alunos (Coppi et al., 2023b).

Relativamente às avaliações internacionais, dois instrumentos têm grande importância na avaliação da literacia científica, o PISA e o TIMSS. O PISA é um programa de avaliação internacional, organizado pela OECD, realizado trienalmente, desde 2000. Destina-se aos alunos na faixa etária dos 15 anos dos países da OECD e de economias parceiras e tem por objetivo principal fornecer indicadores capazes de auxiliar o processo de desenvolvimento de políticas públicas educacionais dos países participantes (OECD, 2017b).

A avaliação abrange as áreas do conhecimento da leitura, matemática e ciências e adota a perspectiva da literacia. Em relação à área da leitura, o PISA avalia até que ponto os alunos são capazes de utilizar as suas competências de leitura para interpretar diversos tipos de textos que, provavelmente, irão contactar durante a sua vida. Na matemática, é avaliado o uso do conhecimento e das competências matemáticas para resolver diferentes desafios e problemas numéricos e espaciais. E na área da ciência, o PISA avalia a capacidade de utilizar os conhecimentos e competências científicas para compreender, interpretar e resolver situações e desafios científicos (OECD, 2017b).

O PISA enfatiza a aplicação dos conhecimentos e das competências aprendidas na escola para a resolução de problemas e de desafios de situações cotidianas. Mais do que avaliar o domínio de um conteúdo escolar específico pelos alunos, a avaliação do PISA analisa a

capacidade de usar seus conhecimentos e competências para enfrentar os desafios da vida real. Essa orientação reflete uma mudança nas metas e objetivos curriculares, concentrando-se mais no que os alunos podem fazer com o que aprendem na escola. (OECD, 2017b, p. 22).

Na área da ciência, foco das provas de 2006 e 2015, avalia-se a literacia científica mais relacionada com a visão II de Roberts (Valladares, 2021), a qual é definida pelo PISA como “a capacidade de se envolver com questões relacionadas à ciência e com as ideias da ciência, como um cidadão reflexivo” (OECD, 2017a, p. 22) e requer competências para

explicar fenómenos cientificamente - reconhecer, oferecer e avaliar explicações para uma série de fenómenos naturais e tecnológicos; avaliar e projetar investigações científicas - descrever e avaliar investigações científicas e propor formas de abordar questões cientificamente; interpretar dados e evidências científicas - analisar e avaliar dados, afirmações e argumentos em uma variedade de representações e tirar conclusões científicas apropriadas. (OECD, 2017a, p. 22).

O TIMSS também é uma avaliação comparativa internacional. Patrocinado pela Associação Internacional para a Avaliação do Desempenho Educacional (*International Association for the Evaluation of Educational Achievement – IEA*), o TIMSS avalia a cada quatro anos, desde 1995, os conhecimentos dos alunos dos 4.º e 8.º anos de escolaridade, nas áreas da matemática e das ciências. Os resultados da avaliação permitem estabelecer uma

comparação entre os níveis de ensino dos alunos dos países participantes e auxilia a tomada de decisão e acompanhamento das reformas curriculares e de práticas de ensino em matemática e ciências (NCES, 2018).

Embora o TIMSS não explicita o termo *literacia científica*, é possível verificar a sua presença no enquadramento de avaliação (IEA, 2017), estando mais associada à visão I de *literacia científica* de Roberts (Valladares, 2021). Este deixa claro que, na medida em que a compreensão da ciência dos alunos se desenvolve, eles se tornam “cada vez mais capazes de tomar decisões informadas sobre si mesmos e sobre seu mundo para que, quando adultos, possam se tornar cidadãos informados, capazes de distinguir fatos científicos de ficção e compreender a base científica de importantes questões sociais, econômicas e ambientais” (IEA, 2017, p. 29).

A avaliação de ciências dos 4.º e 8.º anos diferenciam-se quanto aos conteúdos, porém baseiam-se nos mesmos domínios cognitivos: conhecer, aplicar e raciocinar. De acordo com a IEA (2017),

na quarta série, há mais ênfase em ciências da vida do que em sua contraparte, a biologia, na oitava série. Na oitava série, a física e a química são avaliadas como domínios de conteúdo separados e recebem mais ênfase do que na quarta série, na qual são avaliadas como um único domínio de conteúdo (ciências físicas). Os três domínios cognitivos (conhecimento, aplicação e raciocínio) são os mesmos em ambas as séries, abrangendo a gama de processos cognitivos envolvidos no aprendizado de conceitos científicos e, em seguida, na aplicação desses conceitos e no raciocínio com eles. (p. 30).

Relativamente aos instrumentos mais utilizados na literatura apresentada, observa-se que estes se baseiam em diferentes programas, parâmetros e referenciais de *literacia científica*. Além do fato de cada instrumento ter sido desenvolvido para determinado país e contexto, essas diferenças também podem estar associadas às questões anteriormente discutidas, principalmente no que diz respeito ao conceito de *literacia científica*. Em referência às avaliações internacionais, observa-se que estas estão alicerçadas em objetivos concretos de *literacia científica* e que, independentemente do conceito utilizado, fornecem, para além de comparações entre os países participantes, relatórios individuais que têm como objetivo contribuir para as tomadas de decisão a respeito da educação de cada país.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo teve como objetivo realizar uma abordagem crítica e histórica das características mais discutidas pela comunidade científica acerca da *literacia científica* e permitiu demonstrar que o grande debate em torno desta temática assenta, principalmente, em cinco dissensos: a perspectiva teórica, a tradução das palavras *literacy* e *literate* e do termo *scientific literacy* e os seus respetivos significados, a definição do conceito de *literacia científica* e a forma de avaliá-la.

Compreende-se que, apesar das diferenças semânticas observadas nas traduções e nos significados das palavras originadas, a maioria dos autores utiliza as palavras *literate*/letrado/literato/alfabetizado como sinónimos, ao se referir a um indivíduo que é capaz de ler e escrever, mas que também é detentor do conhecimento. No que se refere à utilização desses três termos, observou-se que, em Portugal, privilegia-se o emprego do termo *literacia científica*, enquanto no Brasil preferem-se os termos *letramento científico* e *alfabetização científica*, a depender das aceções teóricas dos investigadores. Vale ressaltar que, no idioma português, esta forma de entender a tradução de *literate* e, consequentemente, de *literacy*, associa esta última mais ao significado de *literacia*/letramento do que ao de *alfabetização*, uma vez que, como discutido anteriormente, o significado de *alfabetização* está mais relacionado com a capacidade de ler e de escrever.

É de se referir, também, que, para muitos autores, em especial no Brasil, o debate acerca da utilização dos termos *letramento científico* ou *alfabetização científica* parece estar

muito mais vinculado ao campo de pesquisa da linguística e do ensino da língua do que ao campo de pesquisa em ensino de ciências. Fato este que reforça a ideia de que a adoção de um ou outro termo pode ser entendido a partir das perspectivas teóricas assumidas.

No que diz respeito ao conceito de literacia científica, fica evidente que este passou de uma visão transmissiva de conhecimentos científicos para uma visão sociocultural, a qual considera a relação do ensino da ciência com a sociedade, e, por fim, para uma visão transformadora, comprometida com a participação, a emancipação, o engajamento e o impacto social dos cidadãos e alinhada com os valores de equidade e de justiça social.

Constata-se, no entanto, que o conceito de literacia científica integra uma multiplicidade de significados que, geralmente, o associa à compreensão da ciência. Com o intuito de assumi-lo não apenas como um sinônimo de entendimento público da ciência, conforme recomendam alguns autores, mas ainda considerá-lo como um conceito amplo e estabelecer um conceito síntese, resultado da análise que foi realizada neste estudo, propõem-se uma definição que assume a literacia científica como a compreensão do empreendimento científico e a utilização consciente dos conhecimentos científicos e tecnológicos para a resolução de problemas, para a explicação de fenómenos naturais do cotidiano, assim como para a participação ativa em debates de assuntos científicos que envolvem a sociedade, respaldada por argumentos científica e tecnologicamente fundamentados, permitindo ao indivíduo atuar como cidadão.

Quanto ao processo de avaliação da literacia científica, observa-se que este passou a ser foco de interesse principalmente após a década de 1980, quando muitas pesquisas tiveram como objetivo a avaliação do nível de literacia científica dos indivíduos. Verifica-se que a maioria dos instrumentos desenvolvidos antes dos anos 2000 avaliam apenas uma dimensão da literacia científica. No caso dos demais instrumentos, constatou-se que estes avaliam diferentes competências e conteúdos relacionados com a literacia científica.

Ainda assim, fica evidente o fato de que uma grande quantidade de pesquisas que desenvolveram instrumentos de avaliação da literacia científica, durante ambos os períodos, não apresentam claramente os processos de recolha de evidências de validade utilizados na construção dos instrumentos e, quando os apresentam, estes afiguram-se frágeis e incompletos. O estudo também revela o número reduzido de instrumentos de avaliação da literacia científica, principalmente para os alunos do Ensino Fundamental II.

No âmbito internacional, o PISA e o TIMSS, além de atuarem como avaliações comparativas em larga escala, realizam um diagnóstico da situação da educação científica de cada país participante, fornecendo importantes indicadores do nível de literacia científica dos alunos respondentes.

Em síntese, o estudo revela alguma complexidade em traduzir e adaptar conceitos entre diferentes idiomas e contextos e demonstra que, apesar desta questão, a perspectiva teórica dos autores tem grande impacto na opção de utilização de um termo ou de outro. Evidencia, também, que não existe um conceito sólido e imutável de literacia científica e que este modifica-se em função do tempo, dos contextos, dos momentos históricos, entre outros fatores. Aponta, ainda, a necessidade do desenvolvimento de novos instrumentos de avaliação da literacia científica, para os diversos setores e atores da sociedade, inclusive instrumentos de avaliação de sala de aula, a fim de obter mais informações para o aprimoramento da educação científica. Por fim, demonstra que a literacia científica é objeto de estudos de âmbito internacional e que, embora existam controvérsias, esta apresenta-se como o principal objetivo do ensino de ciências.

O debate aqui apresentado mostra-se especialmente relevante para o ensino de ciências, uma vez que os aspectos discutidos refletem diretamente na ideia e na interpretação do que é e de como avaliar a literacia científica. Consequentemente, é necessário que, ao lidar com as questões que envolvem a literacia científica, estes aspectos estejam claros e contextualizados com as implicações socioculturais atuais.

Nesse sentido, sugere-se que a comunidade científica, em futuras pesquisas sobre o conceito de literacia científica, se posicione acerca destes fatores geradores de polémicas,

por exemplo, explicando o porquê do termo utilizado e definindo o seu significado. Apesar deste posicionamento não resultar propriamente no fim das discussões a respeito desses aspectos sobre a literacia científica, pode ajudar na diminuição de desentendimentos e dubiedades, contribuindo para o desenvolvimento e a interpretação do conceito e, consequentemente, para a educação científica em geral.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito da Bolsa de Investigação com referência UI/BD/151034/2021e DOI 10.54499/UI/BD/151034/2021.

REFERÊNCIAS

- AAAS. (1989). *Project 2061: science for all americans*. Oxford University Press.
- Benavente, A., Rosa, A., Costa, A. F. & Ávila, P. (1996). *A literacia em Portugal*. Fundação Calouste Gulbenkian.
- Bybee, R. (2016). Scientific literacy. In R. Gunstone (Ed.), *Encyclopedia of science education* (pp. 944–946). Springer.
- Bybee, R. (2012). Scientific Literacy in Environmental and Health Education. In A. Zeyer & R. Kyburz-Graber (Eds.), *Science | Environment | Health: Towards a Renewed Pedagogy for Science Education* (pp. 49–67). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-90-481-3949-1_4
- Chassot, A. (2000). *Alfabetização científica: questões e desafios para a educação*. Editora Unijuí.
- Chassot, A. (2003). Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. *Revista Brasileira de Educação*, 22, 89–100. <https://doi.org/10.1590/S1413-24782003000100009>
- Council of the European Union. (2018). *Council recommendation of 22 may 2018 on key competences for lifelong learning*. Official Journal of the European Union.
- Coppi, M., Fialho, I., & Cid, M. (2023a). Assessing portuguese elementary school students' scientific literacy: application of the ALCE instrument. *Social Sciences*, 12(7), 374. <https://doi.org/10.3390/socsci12070374>
- Coppi, M., Fialho, I., & Cid, M. (2023b). Developing a Scientific Literacy Assessment Instrument for Portuguese 3rd Cycle Students. *Education Sciences*, 13(9), 941. <https://doi.org/10.3390/educsci13090941>
- Coppi, M., Fialho, I., & Cid, M. (2023c). Scientific literacy assessment instruments: a systematic literature review. *Educação Em Revista*, 39, e37523. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-4698237523-T>
- Cunha, R. B. (2017). Alfabetização científica ou letramento científico?: Interesses envolvidos nas interpretações da noção de scientific literacy. *Revista Brasileira de Educação*, 22(68), 169–186. <https://doi.org/10.1590/s1413-24782017226809>
- 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*, 37(6), 582–601. [https://doi.org/10.1002/1098-2736\(200008\)37:63.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200008)37:63.0.CO;2-L)
- Dias, G. F. (1991). Os quinze anos da educação ambiental no Brasil: um depoimento. *Em Aberto*, 10(49), 3–14.
- Dionísio, M. de L. (2007). Educação e os estudos atuais sobre letramento. *Perspectiva*, 25(1), 209–224.
- Freire, P. (1989). *A importância do ato de ler: Em três artigos que se complementam*. Cortez.
- Freire, P. (2018). *Pedagogia do oprimido*. Paz e Terra.
- Fives, H., Huebner, W., Birnbaum, A. S., & Nicolich, M. (2014). Developing a measure of scientific literacy for middle school students. *Science Education*, 98(4), 549–580.

- Gormally, C., Brickman, P., & Lutz, M. (2012). Developing a test of scientific literacy skills (TOSLS): measuring undergraduates' evaluation of scientific information and arguments. *CBE Life Sciences Education*, 11(4), 364–377.
- Howell, E. L., & Brossard, D. (2021). (Mis)informed about what? What it means to be a science-literate citizen in a digital world. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118(15), 1–8. <https://doi.org/10.1073/pnas.1912436117>
- Hurd, P. D. (1958). Science literacy: Its meaning for American schools. *Educational Leadership*, 16(1), 13–16.
- IEA. (2017). *TIMSS 2019 - assessment frameworks*. IEA.
- INEP. (2015). *OECD PISA 2015 - programa internacional de avaliação de estudantes - matriz de avaliação de ciências*. http://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/marcos_referenciais/2015/matriz_de_ciencias_PISA_2015.pdf
- Kauano, R. V., & Marandino, M. (2022). Paulo Freire na Educação em Ciências Naturais: Tendências e Articulações com a Alfabetização Científica e o Movimento CTSA. *Revista Brasileira de Pesquisa Em Educação Em Ciências*, e35064. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2022u521548>
- Kleiman, A. (1995). Modelos de letramento e as práticas de alfabetização na escola. In A. Kleiman (Ed.), *Os Significados do Letramento – Uma nova perspectiva sobre a prática social da escrita* (pp. 15–61). Mercado de Letras.
- Krasilchik, M., & Marandino, M. (2004). *Ensino de ciências e cidadania*. Moderna.
- Laugksch, R. C. (2000). Scientific literacy: a conceptual overview. *Science Education*, 84(1), 71–94.
- Laugksch, R. C., & Spargo, P. E. (1996a). Construction of a paper-and-pencil test of basic scientific literacy based on selected literacy goals recommended by the american association for the advancement of science. *Public Understanding of Science*, 5(4), 331–359. <https://doi.org/10.1088/0963-6625/5/4/003>
- Laugksch, R. C., & Spargo, P. E. (1996b). Development of a pool of scientific literacy test-items based on selected AAAS literacy goals. *Science Education*, 80(2), 121–143. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199604\)80:2<121::AID-SCE1>3.0.CO;2-I](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199604)80:2<121::AID-SCE1>3.0.CO;2-I)
- Lima Santos, N., & Gomes, I. (2004). Literacia: da escola ao trabalho. *Revista Da Faculdade de Ciências Humanas e Sociais*, 1, 169–177.
- Lorenzetti, L. (2017). Alfabetização Científica na educação em ciências. *ACTIO: Docência Em Ciências*, 2(2), 13.
- Lorenzetti, L. (2023). Promovendo a alfabetização científica e tecnológica no contexto escolar. *Educação por escrito*, 14(1), e45045. <https://doi.org/10.15448/2179-8435.2023.1.45045>
- Marandino, M., Kauano, R., & Martins, L. (2022). Paulo Freire, educação, divulgação e museus de ciência naturais: Relações e tensões. *Cadernos de Sociomuseologia*, 63(19), 91–103. <https://doi.org/10.36572/csm.2022.vol.63.07>
- Martins, M. de L. H. (2010). *Processos discursivos de (re)construção do conceito de literacia: o papel dos media* [Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Braga, Portugal].
- Miller, J. D. (1983). Scientific literacy: a conceptual and empirical review. *Daedalus*, 112(2), 29–48.
- Miller, J. D. (1998). The measurement of civic scientific literacy. *Public Understanding of Science*, 7(3), 203–223.
- Mun, K., Shin, N., Lee, H., Kim, S. W., Choi, K., Choi, S. Y., & Krajcik, J. S. (2015). Korean secondary students' perception of scientific literacy as global citizens: using Global Scientific Literacy Questionnaire. *International Journal of Science Education*, 37(11), 1739–1766. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1045956>
- Nascimento-Schulze, C. M. (2006). Um estudo sobre alfabetização científica com jovens catarinenses. *Psicologia - Teoria e Prática*, 8(1), 95–106.

- NCES. (2018). *U.S. TIMSS 2015 and TIMSS advanced 1995 & 2015 technical report and user's guide*. National Center for Education Statistics, Institute of Education Sciences.
- Nelson, G. D. (1999). Science literacy for all in the 21st century. *Educational Leadership*, 57(2), 14–17.
- NRC. (1996). *National science education standards*. National Academies Press.
- OECD. (2017a). PISA 2015 - assessment and analytical framework: Science, reading, mathematic and financial literacy and collaborative problem solving. In *OECD publishing*. OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264281820-en>
- OECD. (2017b). *PISA 2015 - technical report*. OCDE Publications.
- Oliveira, M. C. D., & Linsingen, I. V. (2019). Reflexões acerca da educação CTS Latino-Americana a partir das discussões do grupo de pesquisa Dicite da UFSC. In S. Cassiani & I. Linsingen (Eds.), *Resistir, (re)existir e (re)inventar a educação científica e tecnológica*. UFSC/CED/NUP.
- Queiruga-Dios, M. Á., López-Iñesta, E., Díez-Ojeda, M., Sáiz-Manzanares, M. C., & Dorrió, J. B. V. (2020). Citizen science for scientific literacy and the attainment of sustainable development goals in formal education. *Sustainability (Switzerland)*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/su12104283>
- Richetti, G. P., & Milaré, T. (2021). O óleo no nordeste brasileiro: aspectos da (an)alfabetização científica e tecnológica. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, e29065. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2021u11871215>
- Roberts, D. (2007). Scientific literacy/Science literacy. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 729–780). Lawrence Erlbaum Associates.
- Roberts, D. (2011). Competing visions of scientific literacy: The influence of a science curriculum policy image. In C. Linder, L. Östman, D. Roberts, P. Wickman, G. Erickson, & A. MacKinnon (Eds.), *Exploring the landscape of scientific literacy* (pp. 11–27). Routledge.
- Rother, E. T. (2007). Revisão sistemática X revisão narrativa. *Acta Paulista de Enfermagem*, 20(2), v–vi. <https://doi.org/10.1590/S0103-21002007000200001>
- Rudolph, J. L. (2023). 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>
- Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. (2008). Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. *Investigações Em Ensino de Ciências*, 13(3), 333–352.
- Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. de. (2011). Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações Em Ensino de Ciências*, 16(1), 59–77.
- Shamos, M. H. (1995). *The myth of scientific literacy*. Rutgers University Press.
- Siarova, H., Sternadel, D., & Szőnyi, E. (2019). *Research for CULT Committee – Science and scientific literacy as an educational challenge*. European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies.
- Silva, M. B. e, & Sasseron, L. H. (2021). Alfabetização científica e domínios do conhecimento científico: Proposições para uma perspectiva formativa comprometida com a transformação social. *Ensaio: Pesquisa Em Educação Em Ciências*, 23, e34674. <https://doi.org/10.1590/1983-21172021230129>
- Soares, M. (2002). Apresentação. *Educação e Sociedade*, 23(81), 15–19.
- Soares, M. (2004a). Alfabetização e letramento: Caminhos e descaminhos. *Revista Pátio*, 29, 96–100.
- Soares, M. (2004b). Letramento e alfabetização: As muitas facetas. *Revista Brasileira de Educação*, 25, 5–17. <https://doi.org/10.1590/S1413-24782004000100002>
- Teixeira, F. M. (2013). Alfabetização científica: questões para reflexão. *Ciência & Educação*, 19(4), 795–809.

- UNESCO. (1999). *Declaration on science and the use of scientific knowledge and the science agenda - Framework for action*. UNESCO.
- UNESCO. (2019). *Marco de competencias de los docentes en materia de TIC*. UNESCO.
- UNESCO. (2020). *Adverse consequences of school closures*. UNESCO.
- Valladares, L. (2021). Scientific literacy and social transformation. *Science & Education*, 30(3), 557–587. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00205-2>
- Viechneski, J. P., Lorenzetti, L., & Carletto, M. R. (2012). Desafios e práticas para o ensino de ciências e alfabetização científica nos anos iniciais do ensino fundamental. *Atos de Pesquisa Em Educação*, 7(3), 853–876. <http://dx.doi.org/10.7867/1809-0354.2012v7n3p853-876>
- Wenning, C. J. (2007). Assessing inquiry skills as a component of scientific literacy. *J. Phys. Tchr. Educ. Online*, 4(2), 21–24.
- World Economic Forum. (2015). *New vision for education - Unlocking the potential of technology*. World Economic Forum®.
- Yacoubian, H. A. (2018). Scientific literacy for democratic decision-making. *International Journal of Science Education*, 40(3), 308–327. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1420266>

Submetido: 29/11/2023

Preprint: 10/11/2023

Aprovado: 02/08/2024

CONTRIBUIÇÃO DAS/DOS AUTORES/AS

Marcelo Coppi – Concepção e desenvolvimento, desenho metodológico, levantamento da literatura, coleta e tratamento de dados, participação ativa na análise dos dados e na interpretação dos resultados, escrita do texto final.

Isabel Fialho – Concepção desenvolvimento, desenho metodológico, revisão crítica do texto e adição de partes significativas.

Marília Cid – Concepção desenvolvimento, desenho metodológico, revisão crítica do texto e adição de partes significativas.

DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSE

Os autores declaram que não há conflito de interesse com o presente artigo.

***CAPÍTULO 2 - INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO DA LITERACIA
CIENTÍFICA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA***

ARTIGO

**INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO DA LITERACIA CIENTÍFICA: UMA
REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA**

MARCELO COPPI²

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6734-7592>

ISABEL FIALHO³

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1749-9077>

MARÍLIA CID⁴

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6009-0242>

RESUMO: O estudo teve por objetivo analisar instrumentos de avaliação da literacia científica, nesse sentido, foi realizada uma revisão sistemática de literatura (RSL) nas bases de dados B-On, SciELO, Google Académico e RCAAP com vista a identificar estudos que utilizaram instrumentos de avaliação da literacia científica. Os critérios de seleção incluíram artigos publicados entre 1990 e 2020, em português, inglês ou espanhol, que desenvolveram e/ou utilizaram instrumentos de avaliação da literacia científica. Foram excluídos os artigos que não abordaram a literacia científica no título ou no resumo, não citaram instrumentos e resultados da avaliação da literacia científica de alunos, revisões, estudos de casos e artigos que avaliaram disciplinas ou assuntos específicos. Foram identificados 13 instrumentos de avaliação da literacia científica. A maioria dos estudos foi realizada no Brasil, Indonésia e Estados Unidos, predominando as pesquisas com alunos do Ensino Secundário. Os alunos do Ensino Superior foram os que apresentaram resultados mais positivos. As dimensões de literacia científica mais avaliadas relacionaram-se com as diferentes habilidades de literacia científica. A classificação dos inquiridos foi obtida através das frequências descritivas de resposta aos itens, não havendo uma padronização nos processos de categorização dos resultados. Concluímos ser necessária alguma precaução na comparação dos resultados dos estudos, uma vez que muitos instrumentos foram aplicados em níveis de ensino e em contextos diferentes daqueles para os quais foram desenvolvidos.

Palavras-chave: literacia científica, avaliação, instrumentos, revisão sistemática de literatura.

² Centro de Investigação em Educação e Psicologia da Universidade de Évora (CIEP-UE). Évora, Portugal.
<mcoppi@uevora.pt>

³ Centro de Investigação em Educação e Psicologia da Universidade de Évora (CIEP-UE). Évora, Portugal.
<ifialho@uevora.pt>

⁴ Centro de Investigação em Educação e Psicologia da Universidade de Évora (CIEP-UE). Évora, Portugal.
<mcid@uevora.pt>

SCIENTIFIC LITERACY ASSESSMENT INSTRUMENTS: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

ABSTRACT: The study aimed to analyze scientific literacy assessment instruments, in this sense, a systematic literature review (RSL) was carried out in the B-On, SciELO, Scholar Google and RCAAP databases in order to identify studies that used scientific literacy assessment instruments. The selection criteria included articles published between 1990 and 2020, in Portuguese, English or Spanish, which developed and/or used scientific literacy assessment instruments. Articles that did not address scientific literacy in the title or abstract, did not cite instruments and results of the assessment of scientific literacy of students, reviews, case studies and articles that assessed specific subjects or subjects were excluded. Thirteen scientific literacy assessment instruments were identified. Most of the studies were carried out in Brazil, Indonesia and the United States, predominating researches with Secondary School students. Higher Education students were the ones with the most positive results. The most evaluated dimensions of scientific literacy were related to different scientific literacy skills. The classification of respondents was obtained through the descriptive frequencies of responses to the items, with no standardization in the categorization processes of the results. We conclude that some caution is needed when comparing the results of the studies, since many instruments were applied at educational levels and in contexts different from those for which they were developed.

Keywords: scientific literacy, assessment, instruments, systematic literature review

INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN DE LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA

RESUMEN: El estudio tuvo como objetivo analizar los instrumentos de evaluación de la alfabetización científica, en este sentido, se realizó una revisión sistemática de la literatura (RSL) en las bases de datos B-On, SciELO, Google Académico y RCAAP con el fin de identificar estudios que utilizaron instrumentos de evaluación de la alfabetización científica. Los criterios de selección incluyeron artículos publicados entre 1990 y 2020, en portugués, inglés o español, que desarrollaron y/o utilizaron instrumentos de evaluación de la alfabetización científica. Se excluyeron los artículos que no abordaban la alfabetización científica en el título o resumen, no citaban instrumentos y resultados de la evaluación de la alfabetización científica de los estudiantes, revisiones, estudios de caso y artículos que evaluaban materias o materias específicas. Se identificaron 13 instrumentos de evaluación de la alfabetización científica. La mayoría de los estudios se realizaron en Brasil, Indonesia y Estados Unidos, predominantemente investigaciones con estudiantes de secundaria. Los estudiantes de Educación Superior fueron los que obtuvieron los resultados más positivos. Las dimensiones más evaluadas de la alfabetización científica se relacionaron con diferentes habilidades de alfabetización científica. La clasificación de los encuestados se obtuvo a través de las frecuencias descriptivas de las respuestas a los ítems, sin estandarización en los procesos de categorización de los resultados. Concluimos que se requiere cierta cautela al comparar los resultados de los estudios, ya que muchos instrumentos se aplicaron a niveles educativos y en contextos diferentes a aquellos para los que fueron desarrollados.

Palabras clave: alfabetización científica, evaluación, instrumentos, revisión sistemática de la literatura.

INTRODUÇÃO

A literacia científica tem sido objeto de estudo de inúmeras pesquisas que têm como objetivo a definição do seu conceito e a avaliação do nível de literacia científica de indivíduos dos diversos setores da sociedade. Ainda que muito investigado, continua a ser alvo de questões desafiantes e de lacunas a preencher.

A expressão literacia científica surgiu na década de 1950, logo após a Segunda Guerra Mundial e na gênese da corrida espacial. Manifestando-se como um termo vago e impreciso, a literacia científica recebeu maior atenção a partir da década de 1980, período em que diversas pesquisas foram produzidas a fim de conceitualizá-la (DeBoer, 2000; Miller, 1983; Shamos, 1995).

Segundo Laugksch e Spargo (1996a), o estudo de Miller (1983) foi o precursor da maioria dessas pesquisas. Neste artigo, o autor apresentou três dimensões de literacia científica: a natureza da ciência, o conhecimento do conteúdo da ciência e o impacto da ciência e da tecnologia na sociedade. Miller (1983) também divulgou estratégias para avaliar essas três dimensões.

Desde então, diversos estudos vêm sendo realizados a fim de desenvolver instrumentos de avaliação da literacia científica. Laugksch e Spargo (1996b) apresentam os instrumentos mais reconhecidos até à data de publicação do seu artigo, a saber: o Test on Understanding Science (TOUS), o Nature of Scientific Knowledge Scale (NSKS), o Nature of Science Scale (NOSS) e o Views of Science-Technology-Society (VOSTS). Contudo, Laugksch e Spargo (1996b), Gormally, Brickman e Lutz (2012) e Fives, Huebner, Birnbaum e Nicolich (2014) alegam que estes instrumentos avaliam apenas aspetos individuais e restritos da literacia científica e que nenhum é capaz de avaliar todas as suas dimensões.

Dentro dessa perspectiva, este estudo exploratório teve por objetivo realizar uma revisão sistemática de literatura (RSL) sobre os instrumentos utilizados para a avaliação da literacia científica, de uma forma ampla, a partir da década de 1990. Pretende-se analisar as seguintes características dos instrumentos: objetivo, público-alvo, formato e quantidade de itens e o processo de categorização dos resultados. O estudo também tem por finalidade analisar os resultados das produções científicas quanto às características metodológicas e contextuais, às formas de apresentação e de análise dos resultados e os principais resultados referentes às dimensões da literacia científica avaliadas, ao desempenho dos alunos e à existência ou não de diferenças significativas entre os inquiridos.

METODOLOGIA

Estratégia de pesquisa

De acordo com Galvão e Pereira (2014), a RSL caracteriza-se como “um tipo de investigação focada em questão bem definida, que visa identificar, selecionar, avaliar e sintetizar as evidências relevantes disponíveis” (p. 183). Nesse sentido, a RSL é uma estratégia de pesquisa que elabora uma pergunta de investigação e utiliza métodos sistemáticos para identificar e selecionar os artigos, sintetizar e extrair os dados e redigir e publicar os resultados, permitindo ao investigador produzir novos conhecimentos (Briner & Denyer, 2012; Galvão & Pereira, 2014).

Esta RSL foi realizada no período de setembro de 2020 a fevereiro de 2021, em duas etapas subsequentes. A primeira correspondeu à fase do planeamento do protocolo da RSL (Tabela 1), na qual foram definidos: o objetivo da RSL; a formulação da questão de investigação; as bases de dados a serem consultadas; as palavras-chave para a pesquisa; e os critérios de inclusão e exclusão para a análise da literatura.

Tabela 1. Protocolo da RSL.

Objetivos da revisão	Analisar os instrumentos de avaliação da literacia científica.
----------------------	--

Questão de investigação	Quais os instrumentos utilizados para avaliar a literacia científica?
Base de dados	B-On; SciELO; Google Académico; RCAAP.
Palavras-chave	Alfabetização científica; Literacia científica; Letramento científico; Scientific literacy; Avaliação; Teste; Questionário; Assessment; Test; Evaluation; Questionnaire; Nível; Level; Instrumento; Instrument.
CrITÉRIOS de inclusão	Estudos publicados entre 1990 e 2020, em português, inglês ou espanhol; Estudos que desenvolveram e utilizaram instrumentos de avaliação da literacia científica, em geral, ou que possibilitaram esse tipo de análise.
CrITÉRIOS de exclusão	Estudos que não abordaram a literacia científica no título ou no resumo; Estudos que não citaram instrumentos e resultados da avaliação da literacia científica; Estudos que não avaliaram a literacia científica de alunos; Estudos de revisão; Estudos de casos; Estudos que avaliaram conteúdos específicos de disciplinas escolares.

Fonte: autoria própria.

A segunda etapa consistiu na revisão de literatura com base no protocolo estabelecido. As produções científicas foram identificadas por meio da combinação das palavras-chave nas pesquisas nas bases de dados definidas. Foram selecionadas aquelas que se enquadravam nos critérios de seleção estipulados, mediante a leitura dos títulos e dos resumos. Nos casos em que a leitura do resumo não era suficiente para determinar a sua inclusão ou exclusão, o estudo foi lido na íntegra.

Análise de dados

As publicações foram analisadas por meio da leitura integral dos estudos que se enquadraram nos critérios de seleção estipulados. O protocolo de análise foi estruturado por meio de um banco de dados no software Microsoft Excel, por meio de um formulário específico, e incluiu o detalhamento dos dados de identificação do estudo e dos autores, do objetivo, do tamanho da amostra, da metodologia, dos resultados, da discussão e da conclusão.

Posteriormente, foi realizada uma análise descritiva da distribuição da frequência das seguintes variáveis: tipo de instrumento de avaliação da literacia científica, delineamento dos estudos, local de origem dos estudos, contexto dos estudos e a forma de apresentação dos resultados sobre a literacia científica. As principais características dos estudos selecionados e dos instrumentos mais frequentes de avaliação da literacia científica foram organizadas em quadros.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificadas 189 produções científicas, publicadas nos idiomas português, inglês e espanhol. Dessas, 146 foram excluídas por não satisfazerem os critérios de inclusão, limitando a 43 o número de produções selecionadas para a análise, conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Quantidade de produções científicas selecionadas para a RSL.

Produções	Inglês	Português	Espanhol	Total
Identificadas	139	49	1	189
Excluídas	114	32	0	146

Selecionadas	25	17	1	43
--------------	----	----	---	----

Fonte: autoria própria.

Dos estudos selecionados, a publicação mais antiga é de 1996 e a mais recente de 2020. Embora todos abordem aspectos relativos à temática da avaliação da literacia científica, somente algumas produções científicas se referem à elaboração e à validação de novos instrumentos.

Quadro 1. Síntese dos estudos selecionados para análise de instrumentos de avaliação da literacia científica (n = 43).

Autor(a), ano	País	Amostra	Instrumentos	Principais resultados
Laugksch e Spargo (1996a)	África do Sul	138 alunos participantes da Olimpíada de Ciências; 74 alunos do Ensino Superior.	TBSL	65% dos alunos são cientificamente literatos
Laugksch e Spargo (1999)	África do Sul	4223 alunos do 1.º ano do Ensino Técnico e Superior.	TBSL	36% dos alunos são cientificamente literatos
Nascimento-Schulze (2006)	Brasil	754 alunos do 12.º ano e 63 professores	TACB	36.5% dos alunos e 81% dos professores são cientificamente literatos
Nascimento-Schulze, Camargo e Wachelke (2006)	Brasil	411 alunos do Ensino Secundário.	TACB-R	Existe associação entre os desempenhos satisfatórios no TACB-R e o alto interesse por temas científicos e com boas notas e frequência escolar.
Brossard e Shanahan (2006)	Estados Unidos	120 alunos do Ensino Superior.	<i>Scientific Vocabulary Instrument</i>	A média de acertos dos alunos foi de 53.4%.
Wenning (2007)	Estados Unidos	61 alunos do Ensino Secundário.	ScInqLiT	A média de acertos dos alunos foi de 67.6%.
Özdem, Çavaş, Çavaş, Çakıroğlu e Ertepinar (2010)	Turquia	330 alunos do 6.º ano; 321 alunos do 7.º ano; 295 alunos do 8.º ano.	TBSL adaptado	Os alunos apresentaram um nível moderado de literacia científica.
Rundgren, Rundgren, Tseng, Lin e Chang (2010)	Taiwan	335 alunos do 7.º ano; 352 alunos do 10.º ano; 267 alunos do Ensino Superior.	SLiM	A média de acertos dos alunos do 7.º ano, 10.º ano e Ensino Superior foi de 53.5%, 74.7% e 66%, respetivamente.

Camargo, Pilar, Ribeiro, Fantinel e Ramos (2011)	Brasil	45 alunos do 1.º ano e 13 do último ano do Ensino Superior; 8 professores universitários.	TACB	73% dos alunos do 1.º ano do, 79% dos alunos do último ano e 100% dos professores são cientificamente literatos.
Oliveira e Silva-Forsberg (2012)	Brasil	200 alunos do 9.º ano.	TACB adaptado	- 66.5% dos alunos são cientificamente literatos.
Soobard e Rannikmäe (2011)	Estónia	62 alunos do 10.º e 11.º anos.	Instrumento sem nome	54% dos alunos encontram-se no nível funcional de literacia científica.
Gormally et al. (2012)	Estados Unidos	296 alunos do Ensino Superior.	TOSLS	Os alunos dos cursos baseados em projetos demonstraram maiores ganhos do que os alunos de cursos tradicionais, baseados em seminários, em três habilidades de literacia científica: habilidades 1, 4 e 6. Os alunos dos cursos tradicionais demonstraram maiores ganhos do que o outro grupo em apenas duas habilidades de literacia científica: habilidades 2 e 9.
Lima e Garcia (2013)	Brasil	55 alunos do 12.º ano.	TACB	40% dos alunos são cientificamente literatos.
Mun et al. (2013)	Austrália, China e Coreia do Sul	655 alunos dos 8.º e 9.º anos.	GSLQ	A maioria dos alunos dos três países mostrou uma tendência para pontuações mais altas na dimensão “ciência como atividade humana” e mais altas para “metacognição e autogestão”.
Waldo (2014)	Estados Unidos	258 do Ensino Superior.	TOSLS	A média de acertos dos alunos foi de 56.2%.
Fives et al. (2014)	Estados Unidos	264 alunos dos 7.º e 8.º anos,	SLA	A média de acertos foi de 58%.
Lima e Garcia (2015)	Brasil	12 alunos do Ensino Superior.	TACB	91% dos alunos são cientificamente literatos.
Mun et al. (2015)	Coreia do Sul	3202 alunos do 7.º ao 12.º ano.	GSLQ	A pontuação média dos alunos foi de 3.46.
Gomes Almeida (2016)	Brasil	23 alunos do Ensino Superior e 20 professores cursando mestrado.	TOSLS	9.3% dos indivíduos (todos professores cursando mestrado) possuem habilidades de literacia científica apropriadamente desenvolvidas.

Rachmatulla, Diana e Rustaman (2016)	Indonésia	223 alunos do 3.º ciclo do Ensino Básico.	SLA	O nível médio de literacia científica dos alunos é de 45.21, classificado na categoria “baixo”.
Rivas, Moço e Junqueira (2017)	Brasil	25 alunos do 1.º ano e 21 alunos do último ano do Ensino Superior.	TACB	78.4% dos alunos são cientificamente literatos.
McKeown (2017)	Estados Unidos	249 alunos do 3.º ciclo do Ensino Básico e 142 alunos do Ensino Secundário.	SLA adaptado	- A média de acertos dos alunos do 3.º ciclo e do Ensino Secundário foi de 53% e 68%, respetivamente.
Greszczyszy, Monteiro e Filho (2018)	Brasil	15 alunos do 12.º ano e 15 alunos do Ensino Superior.	TACB	Os resultados de ambos os grupos indicam a existência de literacia científica.
Vizzotto e Mackedanz (2018)	Brasil	141 egressos do Ensino Secundário.	TACB-S	36.17% dos alunos são cientificamente literatos.
Koedsri e Ngudgratok e (2018)	Tailândia	270 alunos do 9.º ano.	<i>Scientific Literacy Assessment</i>	A maioria dos alunos ainda não dominam os três atributos de literacia científica (identificar questões científicas, explicar fenômenos cientificamente e usar evidências científicas).
Coppi e Sousa (2019b)	Brasil	189 alunos do 9.º ano.	TACB	15.3% dos alunos são cientificamente literatos.
Coppi e Sousa (2019a)	Brasil	123 alunos do 12.º ano.	TACB	44.7% alunos são cientificamente literatos.
Vizzotto (2019)	Brasil	512 alunos egressos do Ensino Secundário.	TACB-S	33% dos alunos são cientificamente literatos.
Souza (2019)	Brasil	78 alunos do Ensino Secundário.	TOSLS	As habilidades de literacia científica H1, H3, H5 estão a ser bem desenvolvidas e as habilidades H2, H4, H6, H7, H8, H9 precisam de ser mais bem trabalhadas.
Utami Hariastuti (2019)	Indonésia	20 alunos do 7.º ano.	TOSLS	O valor médio das habilidades de literacia científica dos alunos foi de 45.80%, na categoria “médio”.

Shaffer, Ferguson e Denaro (2019)	Estados Unidos	727 alunos do Ensino Superior.	TOSLS	A pontuação média na categoria 1 e 2 foi de 65% e 64%, respectivamente
Innatesari, Sajidan e Sukarmin (2019)	Indonésia	205 alunos do Ensino Secundário.	ScInqLiT adaptado	A literacia científica dos alunos é relativamente baixa.
Jufri, Hakim e Ramdani (2019)	Indonésia	222 alunos do 8.º ano.	SToSLiC	46% dos alunos responderam o SToSLiC-A corretamente. O nível de literacia científica dos alunos é categorizado como baixo. A pontuação média no SToSLiC-B variou de 3.79 a 4.17. O caráter (caráter cognitivo) dos alunos está na categoria “bom”.
Pramuda, Mundilarto, Kuswanto e Hadiati (2019)	Indonésia	64 alunos do Ensino Secundário.	GSLQ	Não há diferenças significativas na literacia científica global dos alunos entre os grupos de controle e experimental.
Vizzotto e Del Pino (2020a)	Brasil	194 alunos do Ensino Superior.	TACB-S	59,3% dos alunos são cientificamente literatos.
Vizzotto, Rosa, Duarte e Mackedanz (2020)	Brasil	125 alunos dos 8.º e 9.º anos	TACB-S	A média dos alunos foi abaixo do mínimo necessário para serem considerados cientificamente literatos.
Vizzotto e Del Pino (2020b)	Brasil	90 alunos do Ensino Superior.	TACB-S	67,8% dos alunos são cientificamente literatos.
Santiago, Nunes e Alves (2020)	Brasil	32 alunos do Ensino Superior.	TOSLS – adaptado e Instrumento sem nome	Os alunos apresentam dificuldades em utilizar as habilidades requeridas pelo instrumento, porém demonstram uma visão crítica sobre a relação CTSA.
Cartwright, Liddle, Arceneaux, Newton e Monk (2020)	Canadá	144 alunos do Ensino Superior.	TOSLS adaptado	Não houve alteração na pontuação dos alunos entre o início (76,4%) e o final do semestre (70,6%) ($p > 0,05$).
Čipková, Karolčík e Scholzová (2020)	Eslováquia	221 alunos do 12.º ano.	TOSLS	A pontuação média dos alunos foi de 51,92%, classificada no nível médio.
Kola, Opeyemi e Olu (2020)	Nigéria	133 alunos do Ensino Técnico.	TOSLS adaptado	Os alunos não possuem as habilidades de literacia científica necessárias para desempenhar a sua função

					com eficácia na sociedade, após a formatura.
Jannah, Suwono e Tenzer (2020)	Indonésia	630 alunos do Ensino Secundário.	<i>Scientific Literacy Test</i>		O nível de habilidades em literacia científica dos alunos é de 43,67%, categorizado como “baixo”.
Atta e Aras (2020)	Indonésia	252 alunos do Ensino Secundário.	<i>Science Literacy Assessment Instrument</i>		A pontuação média dos alunos foi de 57,29%. As habilidades em literacia científica dos alunos foram categorizadas entre os níveis - $1 < \theta \leq 0$ e $-2 < \theta \leq -1$, sendo classificados como “baixo”.

Nota. TBSL: *Test of Basic Scientific Literacy*; TACB: Teste de Alfabetização Científica Básica; TACB-S: Teste de Alfabetização Científica Básica Simplificado; TACB-R: Teste de Alfabetização Científica Básica Reduzido; ScInqLiT: *Scientific Inquiry Literacy Test*; SLiM: *Scientific Literacy Measurement*; TOSLS: *Test of Scientific Literacy Skills*; SLA: *Scientific Literacy Assessment*; GSLQ: *Global Scientific Literacy Questionnaire*; ScInqLiT: *Scientific Inquiry Literacy Test*; SToSLiC: *Test of Scientific Literacy Integrated Character*.

Fonte: autoria própria.

Instrumentos de avaliação da literacia científica

Nos 43 estudos analisados, foram identificados 13 instrumentos de avaliação da literacia científica: o TBSL, o TOSLS, o SLA, o ScInqLiT e as suas respectivas versões adaptadas, o Scientific Literacy Test, o SLiM, o Media Scientific Literacy Instrument, o Scientific Literacy Assessment Instrument, o Scientific Literacy Assessment, o SToSLiC, o GSLQ e os instrumentos de Santiago et al. (2020) e de Soobard e Rannikmäe (2011), os quais não apresentam nomenclatura.

O TBSL e as suas versões foram utilizados em 18 estudos (41,9%), realizados na África do Sul, no Brasil e na Turquia. O TOSLS e suas versões foram aplicados nos Estados Unidos, no Brasil, na Indonésia, no Canadá, na Eslováquia e na Nigéria, conforme indicado em dez artigos (23,2%). O SLA, assim como suas versões, foi adotado em três estudos (7,1%), nos Estados Unidos e na Indonésia. O GSLQ também foi referido em três artigos (7,1%), tendo sido aplicado na Austrália, na China, na Coreia do Sul e na Indonésia. Já o ScInqLiT foi utilizado nos Estados Unidos e na Indonésia, de acordo com o descrito em dois artigos (4,6%). Os demais sete instrumentos são referidos num artigo cada (2,3%) na Indonésia, nos Estados Unidos, na Tailândia, em Taiwan, no Brasil e na Estónia.

Nota-se um predomínio de estudos realizados no Brasil, na Indonésia e nos Estados Unidos. Das 43 pesquisas, 18 (41,9%) foram realizadas no Brasil, com predominância da aplicação do TACB e do TACB-S; sete (16,3%) na Indonésia, dentre as quais utilizaram diferentes instrumentos de avaliação da literacia científica; e sete (16,3%) nos Estados Unidos, nas quais se destacaram o TOSLS e o SLA.

Observa-se, também, que o TBSL, o TOSLS, o SLA, o GSLQ e o ScInqLiT e as suas respectivas versões foram os instrumentos de avaliação da literacia científica mais adotados. Dentre esses, a versão do TBSL traduzida para o português – TACB – e o TOSLS foram os instrumentos utilizados com maior frequência: oito e sete estudos, respetivamente. As principais características dos cinco instrumentos de avaliação da literacia científica mais adotados pelos estudos selecionados estão apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2. Síntese das principais características dos 5 instrumentos de avaliação da literacia científica mais frequentemente utilizados.

Instrumento	Características	Versões/Idiomas/Autor(a)
TBSL	Objetivo: avaliar a literacia científica em três dimensões: a natureza da ciência, o conteúdo da ciência e o impacto da ciência e da tecnologia na sociedade. Enquadramento teórico: AAAS (1989). Público-alvo: alunos do último ano do Ensino Secundário. Método de avaliação: questionário. Itens de avaliação: 110 itens no formato “verdadeiro-falso-não sei”, divididos em três subtestes: natureza da ciência (22 itens), conteúdo da ciência (72 itens) e impacto da ciência e da tecnologia na sociedade (16 itens). Tempo de aplicação: 50 minutos. Categorização dos resultados: para ser considerado cientificamente literato, o indivíduo deve obter um acerto mínimo de 13, 45 e 10 itens nos subtestes da natureza da ciência, do conteúdo da ciência e do impacto da ciência e da tecnologia na sociedade, respetivamente.	TBSL: versão original, em inglês. TBSL: versão reduzida, em turco. TACB: versão em português. TACB-S: versão simplificada, em português. TACB-R: versão reduzida, em português.
TOSLS	Objetivo: avaliar a proficiência dos alunos quanto ao uso de 9 habilidades de literacia científica, distribuídas em duas categorias: Categoria 1 - habilidades relacionadas com o reconhecimento e com a análise do uso de métodos de investigação que levam ao conhecimento científico (Habilidade 1: identificar um argumento científico válido; Habilidade 2: avaliar a validade das fontes; Habilidade 3: avaliar os usos e os usos indevidos das informações científicas; Habilidade 4: compreender os elementos de um projeto de pesquisa e como eles impactam nas descobertas/conclusões científicas); e Categoria 2 - habilidades relacionadas com a organização, com a análise e com a interpretação quantitativa de dados e informações científicas (Habilidade 5: criar um gráfico apropriado a partir dos dados; Habilidade 6: ler e interpretar representações gráficas dos dados; Habilidade 7: resolver problemas usando habilidades quantitativas, incluindo análises estatísticas básicas; Habilidade 8: compreender e interpretar estatísticas básicas; Habilidade 9: justificar as inferências, previsões e conclusões com base em dados quantitativos). Enquadramento teórico: <i>National Research Council</i>, Projeto 2061, descobertas de uma	TOSLS: versão original, em inglês. TOSLS: versão em português. TOSLS: versão em bahasa. TOSLS: versão em eslovaco. TOSLS: versão em naijá.

	pesquisa com professores de Biologia, avaliações de educadores especialistas em Biologia, entrevistas com alunos e análises estatísticas. Público-alvo: alunos do Ensino Superior, do curso de Biologia. Método de avaliação: questionário, pré-teste e pós-teste. Itens de avaliação: 28 itens de escolha múltipla, com 4 opções de respostas. Tempo de aplicação: 45 minutos. Categorização dos resultados: não informa. Avalia as habilidades de literacia científica com base na quantidade e na percentagem de acertos por item, por categoria e por habilidade.	
SLA	Objetivo: avaliar a literacia científica por meio de dois componentes: o SLA-D, que comprova literacia científica através de uma série de itens de escolha múltipla que usam situações cotidianas e exemplos, em vez de conhecimento científico específico de campo/disciplina, para testar a literacia científica através da avaliação da compreensão do papel da ciência, do pensamento científico, do fazer ciência, da ciência na sociedade, a literacia em média científica e matemática; e o SLA-MB, dividido em três subescalas (importância da ciência, 6 itens; autoeficácia para a literacia científica, 8 itens; e epistemologia pessoal da ciência, 11 itens) que avaliam a motivação e as crenças, com base nas medidas existentes de autoeficácia, tarefa subjetiva, valor e epistemologia pessoal para a ciência, associadas à literacia científica. Enquadramento teórico: Showalter (1974); Shen (1975); Arons (1983); Miller (1983); AAAS (1993); Hazen and Trefil (1991); NSTA (1991); NRC (1996); DeBoer (2000); Duit and Treagust (2003); OECD (2007); Holbrook and Rannikmae (2009); NAGB (2010). Público-alvo: alunos dos 2.º e 3.º ciclos (idade entre 11 e 14 anos). Método de avaliação: dois questionários. Itens de avaliação: o SLA-D possui duas versões, compostas por 26 itens de escolha múltipla, com 4 opções de resposta. O SLA-MB é composto por 25 itens no formato de escala de Likert (discordo totalmente – discordo – não concordo nem discordo – concordo – concordo totalmente; nada útil –	SLA: versão original, em inglês. SLA: versão em bahasa.

	muito útil; de modo algum – muitíssimo; nada importante – muito importante; muito chato – muito interessante “divertido”). Tempo de aplicação: 50 minutos. Categorização dos resultados: não informa. No SLA-D a literacia científica é avaliada com base na quantidade e na percentagem de acertos dos itens. Pontuações mais altas neste componente indicam uma literacia científica comprovadamente mais alta. No SLA-MB, a motivação e as crenças são avaliadas com base nos graus de concordância das afirmações. Pontuações mais altas nessas escalas indicam motivação e crenças reflexivas de um indivíduo cientificamente literato.	
GSLQ	Objetivo: avalia a literacia científica global dos alunos quanto a quatro dimensões: hábitos de pensamento; caráter e valores; ciência como uma atividade humana; e metacognição e autogestão. Enquadramento teórico: estrutura conceitual de literacia científica sugerida por Choi, Kim, Lee, Mun, Choi, Krajcik e Shin (2011) e Choi, Lee, Shin, Kim e Krajcik (2011) para a educação para a cidadania no século 21. Público-alvo: alunos do Ensino Secundário. Método de avaliação: questionário. Itens de avaliação: 48 itens (15 para os hábitos de pensamento, 16 para caráter e valores, 14 para ciência como uma atividade humana e 13 para metacognição e autogestão) no formato de escala de Likert (nunca – raramente – algumas vezes – frequentemente – sempre). Tempo de aplicação: 45 minutos. Categorização dos resultados: a literacia científica é avaliada de acordo com a média da pontuação na escala de Likert.	GSLQ: versão original em coreano. GSLQ: versão em inglês. GSLQ: versão em mandarim.
ScInqLiT	Objetivo: servir como um instrumento de pesquisa para identificar pontos fracos na compreensão dos alunos, melhorar a prática educacional e determinar a eficácia do programa em relação ao ensino de habilidades de investigação científica. Mais especificamente com base nas seguintes habilidades: 1 - identificar e controlar variáveis; 2 - reconhecer e analisar explicações e modelos alternativos; 3 - tirar conclusões apropriadas das evidências; 4 - compreender e analisar os dados; 5 -	ScInqLiT: versão original, em inglês. ScInqLiT: versão em bahasa.

construir e interpretar gráficos; 6 - elaborar hipóteses; 7 - projetar procedimentos experimentais; e 8 - identificar problemas a serem investigados. Não deve ser utilizado como um teste de desempenho.

Enquadramento teórico: *Science and Its Ways of Knowing* (Hatton & Plouffe, 1997).

Público-alvo: alunos dos 2.º e 3.º ciclos do Ensino Básico e do Ensino Secundário.

Método de avaliação: questionário.

Itens de avaliação: 35 itens de escolha múltipla, com 4 opções de respostas.

Tempo de aplicação: 50 minutos.

Categorização dos resultados: o espectro de níveis de habilidades de investigação científica vai de “baixo” a “alto”. No entanto, o autor não informa a quantidade e/ou percentagem referente a cada nível.

Fonte: autoria própria.

Levando em consideração a natureza dos instrumentos, estes podem ser classificados de acordo com o objetivo da avaliação. O TBSL (Laugksch & Spargo, 1996a) e as suas versões TACB (Nascimento-Schulze, 2006), TACB-S (Vizzotto & Mackedan, 2018), TACB-R (Nascimento-Schulze et al., 2006) e as adaptadas avaliam o nível de conhecimento em literacia científica dos inquiridos. O TOSLS (Gormally et al., 2012), suas versões adaptadas, o ScInqLiT (Wenning, 2007), o Scientific Literacy Assessment Instrument (Atta & Aras, 2020), o Scientific Literacy Test (Jannah et al., 2020), o Scientific Literacy Assessment (Koedsri & Ngudgratoke, 2018) e o instrumento de Soobard e Rannikmäe (2011) testam o domínio de diferentes habilidades de literacia científica dos indivíduos; o SLA (Fives et al., 2014) e suas versões adaptadas avaliam tanto o nível de conhecimento em literacia científica em situações cotidianas, como as motivações e as crenças com ela relacionadas; o SToSLiC (Jufri et al., 2019) avalia as habilidades de literacia científica e o grau de concordância do significado de frases que expressem os elementos da formação do caráter; o SLiM (Rundgren et al., 2010) e o Media Scientific Literacy Instrument (Brossard & Shanahan, 2006) avaliam o conhecimento em literacia científica dos indivíduos referentes à compreensão do vocabulário científico e técnico apresentado nos media; o GSLQ (Mun et al., 2013) identifica a literacia científica nas dimensões dos de pensamento, do caráter e valores, da ciência como uma atividade humana e da metacognição e autogestão; e o instrumento de Santiago et al. (2020) avalia o grau de concordância dos inquiridos sobre a relação entre a ciência e o meio ambiente, a sociedade, a tecnologia e a visão de ciência escolar nos aspetos da literacia científica.

Desta forma, constata-se que sete instrumentos (53,8%) têm como objetivo avaliar diferentes habilidades de literacia científica, três instrumentos (23,1%) foram desenvolvidos para avaliar o nível de conhecimento referente à literacia científica dos alunos e três instrumentos (23,1%) são direcionados para a avaliação de valores, crenças, hábitos e motivações dos alunos relacionados com a literacia científica.

É válido ressaltar que os objetivos deste último grupo de instrumentos permitem avaliar o domínio afetivo, enquanto os outros avaliam o domínio cognitivo em relação à literacia científica. A avaliação desses fatores afetivos parecem estar associados com o proposto por Fives et al. (2014), os quais alegam que

para atingir o objetivo de uma sociedade cientificamente literata, os indivíduos precisam ser mais do que conhecedores do conteúdo científico, eles também

devem valorizar aquele conteúdo e estar abertos a ele como uma fonte de informação para a tomada de decisões. (p. 576)

Já no que concerne à configuração das questões, foram identificados cinco formatos de itens, com predominância dos itens de seleção de escolha múltipla. O TBSL e as suas versões utilizam o formato verdadeiro-falso-não sei; o TOSLS, o ScInqLiT e as suas respetivas versões, o Scientific Literacy Assessment, o Scientific Literacy Test e o SLiM adotam o formato de escolha múltipla com quatro opções de resposta, sendo que a quarta opção de resposta do SLiM é “eu não sei”; o GSLQ emprega a escala de Likert; o SLA e o SToSLiC utilizam tanto itens de escolha múltipla como escalas de Likert; o Science Literacy Assessment Instrument adota itens discursivos; e o Media Scientific Literacy Instrument recorre ao formato de item de construção, de “preencha o espaço em branco”.

Características metodológicas e contextuais dos estudos selecionados

Todos os estudos analisados utilizaram inquéritos por questionário. Das 43 pesquisas, sete (16,3%) reportaram os dados dos estudos piloto, 11 (25,6%) publicaram o processo de validação de instrumentos de avaliação e 25 (58,1%) realizaram apenas a aplicação dos instrumentos.

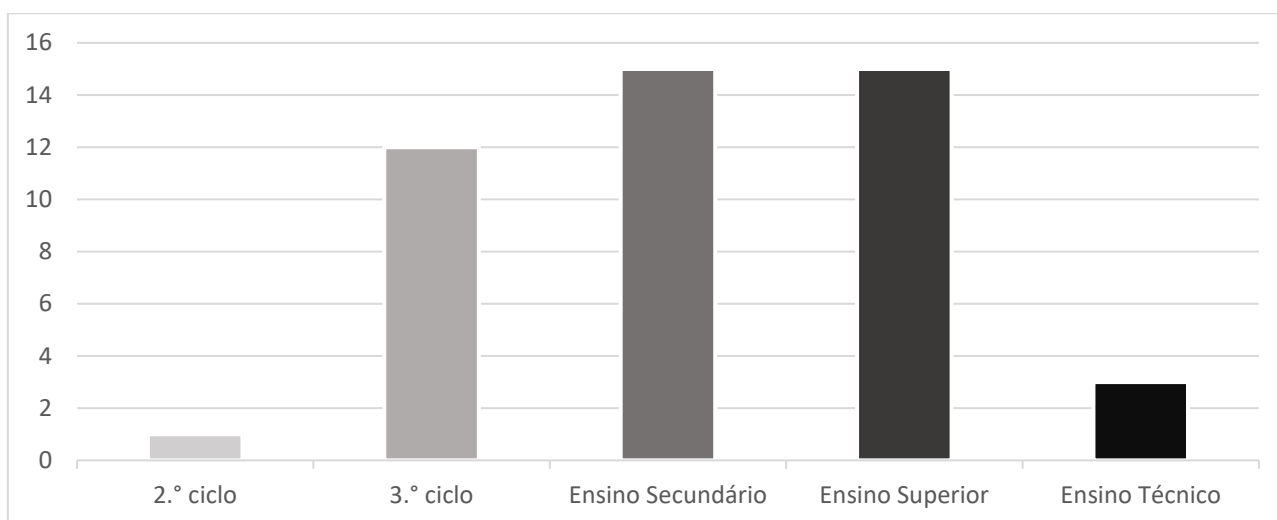
Dentre as pesquisas que utilizaram os dados do estudo piloto, Brossard e Shanahan (2006), Laugksch e Spargo (1996a), Rundgren et al. (2010), Soobard e Rannikmäe (2011) e Wenning (2007) indicaram o processo de elaboração e de validação de instrumentos de avaliação da literacia científica, Rachmatullah et al. (2016) realizaram a tradução do SLA para o idioma local na Indonésia e Vizzotto et al. (2020) analisaram a validade do TACB-S para um público diferente daquele para o qual foi elaborado.

Daqueles que procederam ao processo de validação, os estudos de Atta e Aras (2020), Fives et al. (2014), Gormally et al. (2012), Jannah et al. (2020), Jufri et al. (2019), Koedrsi e Ngudgratoke (2018), McKeown (2017) e Mun et al. (2015) publicaram o processo de desenvolvimento de novos instrumentos de avaliação da literacia científica, Nascimento-Schulze (2006) realizou a tradução do TBSL para o idioma português, originando o TACB e Vizzotto e Mackedanz (2018) e Nascimento-Schulze et al. (2006) reduziram e simplificaram o TACB, derivando o TACB-S e o TACB-R, respetivamente.

Por fim, dos estudos que realizaram apenas a aplicação de instrumentos já desenvolvidos e validados, Camargo et al. (2011), Coppi e Sousa (2019a, 2019b), Greszczyszyn et al. (2018), Lima e Garcia (2015), Lima e Garcia (2013) e Rivas et al. (2017) utilizaram o TACB; Čipková et al. (2020), Gomes e Almeida (2016), Shaffer et al. (2019), Souza (2019), Utami e Hariastuti (2019) e Waldo (2014) aplicaram o TOSLS, Vizzotto (2019) e Vizzotto e Del Pino (2020a, 2020b) empregaram o TACB-S, Mun et al. (2013) e Pramuda et al. (2019) adotaram o GSLQ, Cartwright et al. (2020), Kola et al. (2020) e Santiago et al. (2020) utilizaram versões adaptadas do TOSLS, Laugksch e Spargo (1999) aplicaram o TBSL, Oliveira e Silva-Forsberg (2012) utilizaram uma versão adaptada do TACB, Özdem et al. (2010) adotaram uma versão adaptada do TBSL e Innatesari et al. (2019) aplicaram o ScInqLiT.

No que diz respeito ao nível de ensino, 32 estudos (74,4%) avaliaram a literacia científica de alunos de apenas um nível e 11 (25,6%) avaliaram indivíduos de diferentes níveis e até mesmo de professores. Percebe-se que existe uma predominância de pesquisas realizadas com o intuito de avaliar o nível de literacia científica dos alunos dos Ensinos Secundário e Superior, seguida por aquelas que avaliam os alunos do 3.º Ciclo do Ensino Básico, conforme consta no Gráfico 1.

Gráfico 1. Quantidade de estudos por nível de ensino.



Fonte: autoria própria.

Contudo, é necessário ressaltar que, dos 13 instrumentos de avaliação da literacia científica, cinco foram desenvolvidos para alunos do Ensino Secundário – Scientific Literacy Test, Science Literacy Assessment Instrument e os instrumentos de Santiago et al. (2020) e Soobard e Rannikmäe (2011) –, três para alunos do 3.º ciclo do Ensino Básico – SLA, SToSLiC e o Scientific Literacy Assessment, –, dois para alunos do Ensino Superior – TOSLS e Media Scientific Literacy Instrument. Os outros três instrumentos foram construídos para mais de um nível de ensino.

Nesse sentido, observa-se que alguns instrumentos foram aplicados a populações-alvo diferentes daquela para qual o instrumento foi desenvolvido. As versões do TBSL foram aquelas em que se verificou esse facto com maior frequência. Embora sejam instrumentos desenvolvidos para avaliar a literacia de alunos à saída do ensino secundário, o TACB, o TACB-S e versões adaptadas do TBSL e do TACB foram utilizados para avaliar alunos dos 2.º e 3.º ciclos do Ensino Básico e dos Ensinos Secundário, Técnico e Superior. No caso deste último nível, a maioria dos estudos teve por objetivo a comparação dos níveis de literacia científica entre os alunos do 1.º ano e os do último ano de cursos de biologia, química, física e de licenciaturas.

Observando o elevado número de aplicações do TACB no 3.º ciclo do Ensino Básico, Vizzotto et al. (2020) analisaram as características psicométricas deste instrumento, por meio da aplicação do TACB-S, a fim de verificar as suas validade e confiabilidade para esse nível de ensino. Os resultados revelaram valores baixos de confiabilidade, de índices de dificuldade e de discriminação. Nesse sentido, os autores concluíram que tanto o TACB quanto as versões reduzida e simplificada (TACB-R e TACB-S) não devem ser aplicados aos alunos do 3.º ciclo sem que haja um processo de adaptação e validação direcionados para o nível de ensino em questão (Vizzotto et al., 2020).

Formas de apresentação e análise dos resultados sobre a literacia científica

Em todos os instrumentos analisados, a classificação e a comparação entre os indivíduos foram feitas de acordo com a distribuição de frequências, ou seja, com a quantidade e/ou percentagem de respostas aos itens. Dos 13 instrumentos, seis não informam sobre o processo de categorização dos alunos, a saber: TOSLS, SLA, SToSLiC, SLiM, GSLQ e Media Scientific Literacy Instrument.

Dentre aqueles que os categorizam, o TBSL, assim como as suas versões TACB e TACB-S, distingue os indivíduos em cientificamente literatos ou não cientificamente literatos. Para ser considerado cientificamente literato, o indivíduo deve obter um acerto mínimo de 13, 45 e 10 itens nos subtestes da natureza da ciência, do conteúdo da ciência e

do impacto da ciência e da tecnologia na sociedade, respetivamente. No TACB-S, a quantidade mínima de acertos nos subtestes referidos deve ser de 6, 17 e 5, respetivamente.

O Scientific Literacy Test categoriza o nível de literacia científica dos inquiridos em “muito bom” (70 – 100% de acerto), “bom” (60 – 69% de acerto), “moderado” (50 – 59% de acerto), “inferior” (40 – 49% de acerto) e “baixo” (0 – 39% de acerto). Já o instrumento de Soobard e Rannikmäe (2011) categoriza-o em “nominal”, “funcional”, “conceitual/procedimental” e “multidimensional”, de acordo com o enquadramento proposto por Bybee (1997). O instrumento de Santiago et al. (2020) categoriza as respostas dos grupos de indivíduos de acordo com a concordância, em “concordam” e “discordam”.

O ScInqLiT e o Scientific Literacy Assessment, apesar de categorizarem os níveis de literacia científica dos indivíduos em “baixo” e “alto” e “domina” e “não domina”, respetivamente, não informam sobre os valores referentes a cada categoria. Assim como o Science Literacy Assessment Instrument, que, embora categorize as habilidades em literacia científica dos indivíduos em função do θ da Teoria de Resposta ao Item (TRI) – “ $0 < \theta \leq 1$ ”, “ $-1 < \theta \leq 0$ ”, “ $-2 < \theta \leq -1$ ” e “ $-3 < \theta \leq -2$ ” –, não deixa explícito o nível de cada categoria.

Todavia, a análise dos estudos revelou que, no caso de 4 dos 5 principais instrumentos de avaliação da literacia científica, alguns autores optaram por alterar a estratégia de análise do instrumento original, criando categorias e/ou modificando o processo de categorização e de apresentação dos resultados da avaliação da literacia científica dos inquiridos. Greszczyszyn et al. (2018), aplicando o TACB, avaliaram a literacia científica média dos grupos e não dos indivíduos, classificando como cientificamente literatos os grupos cuja média no três subtestes foi superior ao mínimo de acertos necessários. Oliveira e Silva-Forsberg (2012), utilizando uma versão adaptada do TACB, categorizaram o nível de literacia científica dos alunos em “muito bom” (acima de 80% de aproveitamento), “bom” (80% de aproveitamento), “satisfatório” (70% de aproveitamento), “regular” (60% de aproveitamento) e “abaixo” (resultados até 50% de aproveitamento), sendo classificados como cientificamente literatos aqueles que atingiram, no mínimo, o nível “regular”. Özdem et al. (2010) reportaram os resultados dos alunos no TBSL de acordo com a média de acertos no geral e em cada subteste. Já Nascimento-Schulze et al. (2006) analisaram os resultados dos percentis de desempenho no TACB-R no geral e por subteste, comparando-os com as representações sociais dos alunos sobre a ciência e a tecnologia.

Quanto ao TOSLS, Gormally et al. (2012), Santiago et al. (2020) e Souza (2019) reportaram as frequências de acertos por habilidade, Shaffer et al. (2019) apresentaram-nas por categorias de habilidades e Cartwright et al. (2020), Čipková et al. (2020), Gomes e Almeida (2016), Kola et al. (2020), Utami e Hariastuti (2019) e Waldo (2014) reportaram as frequências de acertos do instrumento como um todo.

No caso do SLA, o estudo de Rachmatullah et al. (2016) classificou os resultados do nível de literacia científica dos inquiridos em “muito baixo”, “baixo”, “médio”, “alto” e “muito alto”. No entanto, os autores não informaram a quantidade ou a percentagem de acertos para cada categoria. O mesmo foi observado no estudo de Innatesari et al. (2019), os quais categorizaram os resultados do nível de literacia científica dos alunos no ScInqLiT em “baixo”, “médio” e “alto” e, embora afirmem que essa classificação tenha sido baseada na média do National Examination of Natural Sciences (UN IPA), não apresentam os valores referentes a cada categoria.

Constata-se que, apesar de utilizarem a distribuição de frequências para classificar os inquiridos, os instrumentos de avaliação da literacia científica adotam diferentes formatos de itens e de métodos de categorização dos resultados. Esses fatores dificultam a comparação dos resultados entre os estudos que utilizaram diferentes instrumentos. Além disso, o facto de alguns estudos modificarem os processos de categorização dos instrumentos originais, e até mesmo criarem categorias, também dificulta a comparação das análises realizadas por pesquisas que adotaram o mesmo instrumento.

Resultados dos estudos: desempenho na avaliação da literacia científica

Dentre os 18 estudos que adotaram o TBSL e as suas versões – TACB, TACB-S, TACB-R e adaptadas –, Camargo et al. (2011), Greszczyszyn et al. (2018), Laugksch e Spargo (1996a), Lima e Garcia (2015), Oliveira e Silva-Forsberg (2012), Rivas et al. (2017), Vizzotto e Del Pino (2020a, 2020b) e Vizzotto e Mackedanz (2018) revelaram que a maioria dos alunos avaliados é cientificamente literata. Já os estudos de Coppi e Sousa (2019a, 2019b), Laugksch e Spargo (1999), Lima e Garcia (2013), Nascimento-Schulze (2006), Vizzotto (2019) e de Vizzotto et al. (2020) revelaram que a maioria dos alunos avaliados não atingiram o mínimo de acertos necessários para ser considerada cientificamente literata. A pesquisa de Özdem et al. (2010) apresentou índices moderados de literacia científica dos alunos investigados, enquanto a de Nascimento-Schulze et al. (2006) indicou que existe relação entre os desempenhos satisfatórios no TACB-R e o alto interesse por temas científicos, assim como as boas notas e a frequência escolar.

Das dez pesquisas que aplicaram o TOSLS e as suas versões adaptadas, médias de acertos superiores a 50% foram encontradas nos estudos de Čipková et al. (2020), Shaffer et al. (2019) e Waldo (2014) e médias abaixo deste valor foram assinaladas por Gomes e Almeida (2016), Kola et al. (2020), Santiago et al. (2020) e Utami e Hariastuti (2019). Gormally et al. (2012) observaram ganhos significativos nas habilidades de literacia científica no pós-teste. Em contrapartida, os resultados de Cartwright et al. (2020) não apresentaram diferenças estatísticas no número de acertos nos itens do TOSLS entre o pré-teste e o pós-teste, embora a média de acertos tenha sido acima dos 50% em ambas as situações. Já Souza (2019) informou que algumas habilidades foram bem desenvolvidas, enquanto outras precisam de ser melhoradas, porém, não indicaram quais.

Com relação aos três estudos que aplicaram o SLA e sua versão adaptada, os resultados de Fives et al. (2014) e McKeown (2017) revelaram médias de acertos maiores do que 50%, enquanto Rachmatullah et al. (2016) reportaram uma média abaixo desse valor.

Quanto ao GSLQ, Pramuda et al. (2019) revelaram que o grupo controle e o grupo experimental obtiveram médias de acertos de 3.84 e 3.87, respetivamente, Mun et al. (2015) indicaram que a média de acertos dos alunos foi de 3.46 e Mun et al. (2013) observaram uma média de 3.67. Nenhum dos estudos informou a categorização dos resultados. No caso do ScInqLiT, o estudo de Wenning (2007) apresentou médias superiores a 50% e o de Innatesari et al. (2019) abaixo dos 50%.

Nas sete pesquisas restantes, as quais aplicaram diferentes instrumentos de avaliação da literacia científica, os estudos de Atta e Aras (2020), Brossard e Shanahan (2006) e Rundgren et al. (2010) revelaram médias de acertos nos itens acima dos 50%, ao passo que os estudos de Jannah et al. (2020) e Jufri et al. (2019) indicaram médias abaixo dos 50% e o de Koedsri e Ngudgratoke (2018) relatou que os alunos não dominam os três atributos de literacia científica avaliados. Soobard e Rannikmäe (2011) reportaram que 54% dos alunos possuem um nível funcional de literacia científica.

Nota-se que, em geral, a maioria dos estudos apresentou resultados positivos na avaliação da literacia científica dos inquiridos, ou seja, mais de metade dos alunos avaliados atingiram o mínimo de acertos no TBSL e suas versões para serem considerados cientificamente literatos ou obtiveram mais de 50% de acerto nos itens dos outros instrumentos. No que se refere ao nível de ensino, a maioria das pesquisas realizadas com alunos dos 2.º e 3.º ciclos do Ensino Básico e do Ensino Superior evidenciou resultados positivos, enquanto a maior parte daquelas que avaliaram os alunos dos Ensinos Secundário e Técnico apresentou resultados negativos quanto ao seu desempenho.

Contudo, esses resultados devem ser analisados cautelosamente. É necessário levar em consideração que, como já explicitado anteriormente, diversas pesquisas utilizaram os instrumentos em populações-alvo diferentes daquela para as quais os respetivos instrumentos foram desenvolvidos. Aliado a esse fator, acrescenta-se o facto de que muitas das pesquisas aplicaram os instrumentos de avaliação da literacia científica em outros países, realizando apenas a sua tradução para o idioma local e, em alguns casos, a redução do

instrumento, sem levar em consideração as diferenças de contexto e de realidades entre os locais de aplicação, ou seja, sem validar o instrumento para aquela determinada população-alvo. Além disso, é válido ressaltar que a maioria dos alunos do Ensino Superior avaliados pertencia aos cursos de licenciatura de disciplinas científicas, como Biologia, Química, Física e Ciências Naturais, sendo uma possível explicação para os resultados positivos observados.

Resultados dos estudos: desempenho nas dimensões da literacia científica

Relativamente às dimensões da literacia científica avaliadas pelos instrumentos, apenas 28 estudos informaram quais foram os melhores e os piores aspectos analisados. Daqueles que aplicaram o TBSL e suas versões, todos revelaram que os melhores resultados foram identificados no subteste do conteúdo da ciência, enquanto os piores foram evidenciados no subteste da natureza da ciência por Coppi e Sousa (2019b), Nascimento-Schulze et al. (2006), Özdem et al. (2010), Rivas et al. (2017), Vizzotto e Mackedanz (2018) e no subteste do impacto da ciência e da tecnologia na sociedade por Coppi e Sousa (2019a), Lima e Garcia (2015), Vizzotto (2019) e Vizzotto e Del Pino (2020a). Camargo et al. (2011) constataram que alunos do 1.º ano e professores obtiveram piores resultados no subteste da natureza da ciência, enquanto para os alunos do último ano isso ocorreu em ambos os subtestes. Já Vizzotto e Del Pino (2020b) observaram que os alunos do 1.º ano demonstraram o número de acertos mais baixo no subteste do impacto da ciência e da tecnologia na sociedade e os do último ano, no subteste da natureza da ciência.

Dentre os estudos que utilizaram o TOSLS, não houve predominância positiva ou negativa de nenhuma das habilidades. No caso das melhores habilidades, as pesquisas de Santiago et al. (2020) e de Čipková et al. (2020) identificaram a habilidade de avaliar os usos e os usos indevidos das informações científicas; Souza (2019) constatou a habilidade de identificar um argumento científico válido; Utami e Hariastuti (2019) verificaram a habilidade de resolver problemas usando habilidades quantitativas, incluindo análises estatísticas básicas; Waldo (2014) identificou as habilidades da categoria 1, relacionadas com o reconhecimento e com a análise do uso de métodos de investigação que levam ao conhecimento científico; e Gomes e Almeida (2016) observaram as habilidades de identificar um argumento científico válido, de avaliar os usos e os usos indevidos das informações científicas, de compreender os elementos de um projeto de pesquisa e como estes impactam nas descobertas/conclusões científicas, de criar um gráfico apropriado a partir dos dados e de justificar as inferências, previsões e conclusões com base em dados quantitativos.

Já em relação às piores habilidades constatadas, Čipková et al. (2020) indicaram a habilidade de compreender os elementos de um projeto de pesquisa e como eles impactam nas descobertas/conclusões científicas; Santiago et al. (2020) observaram a habilidade de avaliar a validade das fontes; Utami e Hariastuti (2019) verificaram a habilidade de criar um gráfico apropriado a partir dos dados; Souza (2019) identificou a habilidade de ler e interpretar representações gráficas dos dados; Gomes e Almeida (2016) indicaram as habilidades de avaliar a validade das fontes, de ler e interpretar representações gráficas dos dados, de resolver problemas usando habilidades quantitativas, incluindo análises estatísticas básicas e de compreender e interpretar estatísticas básicas; e Waldo (2014) identificou as habilidades da categoria 2, referentes à organização, à análise e à interpretação quantitativa de dados e informações científicas.

O estudo de Rachmatullah et al. (2016) foi o único a realizar essa análise para o SLA. Os autores identificaram que, no SLA-D, o maior e o menor número de acertos foram nas dimensões da compreensão do papel da ciência e da matemática na ciência, respetivamente. Dos estudos que aplicaram o GSLQ, todos observaram os melhores resultados nas dimensões da ciência como uma atividade humana. Já os piores resultados foram encontrados na dimensão da metacognição e autogestão por Mun et al. (2013) e Mun et al. (2015), enquanto Pramuda et al. (2019) detetaram-nos para a dimensão do caráter e valores. Innatesari et al. (2019), utilizando o ScInqLiT, indicaram que os alunos obtiveram

maior sucesso nos itens referentes à habilidade de planejar procedimentos experimentais e o menor na habilidade de identificação e controle das variáveis.

Quanto aos estudos que aplicaram os demais instrumentos, Rundgren et al. (2010) identificaram que os itens do SLiM relacionados com as disciplinas de física e de química foram aqueles que apresentaram as maiores e as menores quantidades de acertos, respetivamente; Jufri et al. (2019), adotando o STOLiC, e Jannah et al. (2020), aplicando o Scientific Literay Test, revelaram que as habilidades de interpretar dados e de avaliar evidências científicas foram as que obtiveram os melhores resultados, enquanto os piores resultados foram obtidos nas habilidades de avaliar e desenvolver pesquisas científicas; e Soobard e Rannikmäe (2011) reportaram apenas que os itens cujas habilidades exigem aplicar os conhecimentos científicos em atividades novas e do dia a dia foram os que obtiveram o menor índice de acertos.

Assim como os diferentes formatos de itens, os processos de categorização e o público-alvo dificultam a comparação entre os estudos. A diversidade de dimensões avaliadas por cada instrumento também compromete a análise de contraste entre os resultados das pesquisas. Contudo, uma análise mais ampla revela que não houve predomínio de nenhuma dimensão da literacia científica, tanto nos resultados positivos como nos negativos.

Vale ressaltar que, embora os objetos de análise desta revisão tenham sido os instrumentos de avaliação da literacia científica em geral, foi verificado um grande interesse no desenvolvimento e na validação de instrumentos de avaliação da literacia científica em temas específicos de determinadas disciplinas científicas. Tal constatação fica evidente pela quantidade de produções científicas excluídas por abordarem dimensões de literacia científica intrínsecos de determinadas áreas do conhecimento ($n = 42$), em especial, para as disciplinas de física e de química.

Esse facto demonstra a amplitude das dimensões da literacia científica e a inexistência de instrumentos suficientemente abrangentes para a avaliar em plenitude, levando alguns pesquisadores a desenvolverem instrumentos específicos para determinadas áreas. Além disso, esse cenário respalda a ideia de DeBoer (2000), na qual o autor defende que

a literacia científica deve ser conceitualizada de forma ampla o suficiente para que os distritos escolares locais e os professores individualmente busquem os objetivos mais adequados para as suas situações particulares, juntamente com o conteúdo e as metodologias mais apropriados para eles e para os seus alunos. (p.582)

Resultados dos estudos: diferenças significativas entre os indivíduos/grupos

No que concerne à comparação dos resultados da avaliação da literacia científica entre os diferentes grupos de indivíduos analisados, foram identificadas diferenças com significância estatística em diversos aspectos avaliados em 16 dos 43 estudos: etnicidade (Fives et al., 2014; Laugksch & Spargo, 1999; Mun et al., 2013; Shaffer et al., 2019); nível de ensino (Laugksch & Spargo, 1999; McKeown, 2017; Mun et al., 2015; Rundgren et al., 2010); ano/série (Özdem et al., 2010); género (Laugksch & Spargo, 1999; Mun et al., 2013, 2015; Shaffer et al., 2019); número de disciplinas científicas cursadas (Čipková et al., 2020; Laugksch & Spargo, 1999); tipo de instituição – pública/privada – (Gormally et al., 2012; Nascimento-Schulze, 2006; Vizzotto, 2019); pré-teste/pós-teste (Cartwright et al., 2020; Gormally et al., 2012); nível socioeconómico (Fives et al., 2014); formação inicial/formação contínua (Gomes & Almeida, 2016); número de reprovações (Vizzotto, 2019); trabalho e estudo concomitantes (Vizzotto, 2019); estudos pós Ensino Secundário (Vizzotto, 2019); continuidade nos estudos (Vizzotto, 2019); estudantes do 1.º ano do Ensino superior/estudantes do último ano do Ensino Superior (Vizzotto & Del Pino, 2020b).

A análise aponta para a persistência da relação entre fatores relacionados, principalmente, com a etnicidade, o nível de ensino e o género. Esse facto corrobora, ainda

mais, o argumento de que muitos instrumentos foram aplicados em populações-alvo distintas daquelas para as quais foram elaborados e reforça a necessidade do processo de validação dos instrumentos para o contexto em que serão aplicados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados da RSL permitiram identificar a existência de 13 instrumentos de avaliação da literacia científica, utilizados por 43 estudos em 14 países, com predominância do Brasil, da Indonésia e dos Estados Unidos. A maioria dos pesquisadores tem utilizado os instrumentos de avaliação da literacia científica já validados na literatura, dentre os quais, o TBSL e o TOSLS, assim como as suas respectivas versões, foram os mais adotados nas suas pesquisas.

Constatou-se que a maioria dos instrumentos tem por objetivo avaliar as diferentes habilidades de literacia científica. Ainda assim, foram identificados alguns instrumentos direcionados para a avaliação de características do domínio afetivo, como os valores, as crenças, os hábitos e as motivações relacionadas com a literacia científica, evidenciando a importância de tais atributos no desenvolvimento de um cidadão cientificamente literato.

A classificação dos inquiridos foi obtida por meio das frequências descritivas de resposta aos itens, não havendo uma padronização nos processos de categorização dos resultados.

Observou-se que a maior parte dos instrumentos foram desenvolvidos para avaliar os alunos do Ensino Secundário e que há predominância de estudos que avaliam a literacia científica dos alunos dos Ensinos Secundário e Superior, sendo estes últimos os que apresentaram os melhores desempenhos em relação às dimensões de literacia científica analisadas. Contudo, foi evidenciado que é preciso usar de precaução na realização de tal análise, uma vez que os instrumentos foram aplicados em níveis de ensino e em contextos diferentes daqueles para os quais foram desenvolvidos.

A RSL realizada enriquece o campo de pesquisa a respeito da avaliação da literacia científica, preenchendo uma lacuna até então existente e produzindo resultados que se revelam úteis para os pesquisadores da área. Em síntese, embora o tema venha sendo objeto de um grande número de estudos, constatou-se a existência de uma quantidade muito reduzida de instrumentos que avaliam a literacia científica – principalmente voltados para os alunos do Ensino Básico –, dentre os quais há determinadas convergências, como a avaliação das habilidades de literacia científica e o público-alvo, e divergências, como o tipo de instrumento, o formato dos itens e a forma de pontuar e de classificar os indivíduos.

Os resultados evidenciaram pesquisas com ausência, total ou parcial, da apresentação e da identificação dos processos de validação dos instrumentos. Ademais, o estudo explicitou um número considerável de investigações que aplicaram instrumentos a públicos-alvo cujos contextos são diferentes daqueles para os quais foram desenvolvidos, sem que os instrumentos tenham sido adaptados e validados para as respectivas amostras. Acrescenta-se a esses, o facto de muitos autores terem alterado e/ou criado processos de categorização a partir dos instrumentos originais. Essas circunstâncias realçam a necessidade de grande cautela na utilização dos resultados destes estudos, assim como no uso destes instrumentos nas tomadas de decisão para as quais estes foram, ou serão, aplicados.

Sugere-se, portanto, que pesquisas futuras dentro desta temática desenvolvam e validem, de forma satisfatória, novos instrumentos de avaliação da literacia científica, abrangendo os diferentes níveis de ensino e estabelecendo critérios de classificação e de categorização claros e precisos, a fim de permitir a comparação dos resultados e contribuir para o progresso desta área de estudo.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito da Bolsa de Investigação de Doutoramento em Ciências da Educação com referência UI/BD/151034/2021.

REFERÊNCIAS

- Atta, H. B., & Aras, I. (2020). Developing an instrument for students scientific literacy. *Journal of Physics: Conference Series*, 1422(1), 012019. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1422/1/012019>
- Briner, R., & Denyer, D. (2012). Systematic review and evidence synthesis as a practice and scholarship tool. In D. Rousseau (Ed.), *Handbook of evidence-based management: companies, classrooms, and research* (pp. 328–374). Oxford University Press.
- Brossard, D., & Shanahan, J. (2006). Do they know what they read? Building a scientific literacy measurement instrument based on science media coverage. *Science Communication*, 28(1), 47–63.
- Camargo, A. N. B. de, Pilar, F. D., Ribeiro, M. E. M., Fantinel, M., & Ramos, M. G. (2011). Alfabetização científica: a evolução ao longo da formação de licenciandos ingressantes, concluintes e de professores de química. *Momento - Diálogos Em Educação*, 20(2), 19–29.
- Cartwright, N. M., Liddle, D. M., Arceneaux, B., Newton, G., & Monk, J. M. (2020). Assessing scientific literacy skill perceptions and practical capabilities in fourth year undergraduate biological science students. *International Journal of Higher Education*, 9(6), 64–76. <https://doi.org/10.5430/ijhe.v9n6p64>
- Čipková, E., Karolčík, Š., & Scholzová, L. (2020). Are secondary school graduates prepared for the studies of natural sciences?—evaluation and analysis of the result of scientific literacy levels achieved by secondary school graduates. *Research in Science and Technological Education*, 38(2), 146–167. <https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1599846>
- Coppi, M. A., & Sousa, C. P. (2019a). Estudo da alfabetização científica de alunos do ensino médio de um colégio de São Paulo. *Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar*, 5(15), 537–544. <https://doi.org/10.21920/recei72019515537544>
- Coppi, M. A., & Sousa, C. P. de. (2019b). Estudo da alfabetização científica dos alunos do 9º ano do ensino fundamental de um Colégio Particular se São Paulo. *Debates Em Educação*, 11(23), 169–185. <https://doi.org/https://doi.org/10.28998/2175-6600.2019v11n23p169-185>
- 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*, 37(6), 582–601. [https://doi.org/10.1002/1098-2736\(200008\)37:63.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200008)37:63.0.CO;2-L)
- Fives, H., Huebner, W., Birnbaum, A. S., & Nicolich, M. (2014). Developing a measure of scientific literacy for middle school students. *Science Education*, 98(4), 549–580.
- Galvão, T. F., & Pereira, M. G. (2014). Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 23(1), 183–184. <https://doi.org/10.5123/s1679-49742014000100018>

- Gomes, A. S. A., & Almeida, A. C. P. C. de. (2016). Letramento científico e consciência metacognitiva de grupos de professores em formação inicial e continuada: um estudo exploratório. *Amazônia: Revista de Educação Em Ciências e Matemáticas*, 12(24), 53–73. <https://doi.org/10.18542/amazrecm.v12i24.3442>
- Gormally, C., Brickman, P., & Lutz, M. (2012). Developing a test of scientific literacy skills (TOSLS): measuring undergraduates' evaluation of scientific information and arguments. *CBE Life Sciences Education*, 11(4), 364–377.
- Greszczyszyn, M. C. C., Monteiro, E. L., & Filho, P. S. C. (2018). Determinação do nível de alfabetização científica de estudantes da etapa final do ensino médio e etapa inicial do ensino superior. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, 11(1), 192–208. <https://doi.org/10.3895/rbect.v11n1.5631>
- Innatesari, D. K., Sajidan, S., & Sukarmin, S. (2019). The profile of students' scientific inquiry literacy based on Scientific Inquiry Literacy Test (ScInqLiT). *The 2nd Annual International Conference on Mathematics and Science Education*, 1227–12040. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1227/1/012040>
- Jannah, A. M., Suwono, H., & Tenzer, A. (2020). Profile and factors affecting students' scientific literacy of senior high schools. *AIP Conference Proceedings*, 2215(April), 070021. <https://doi.org/10.1063/5.0000568>
- Jufri, A. W., Hakim, A., & Ramdani, A. (2019). Instrument development in measuring the scientific literacy integrated character level of junior high school students instrument development in measuring the scientific literacy integrated character level of junior high school students. *International Seminar on Science Education*, 1233–12100. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1233/1/012100>
- Koedsri, A., & Ngudgratoke, S. (2018). Diagnostic assessment of scientific literacy of lower secondary school students using g-dina model. *Re-Thinking Teacher Professional Education: Using Research Findings for Better Learning - 61st World Assembly ICET 2017*, 268–273.
- Kola, A. J., Opeyemi, bdulrahman A., & Olu, A. M. (2020). Assessment of scientific literacy skills of college of education students in Nigeria. *American Journal of Social Sciences and Humanities*, 5(1), 207–220. <https://doi.org/10.20448/801.51.207.220>
- Laugksch, R. C., & Spargo, P. E. (1996a). Construction of a paper-and-pencil test of basic scientific literacy based on selected literacy goals recommended by the american association for the advancement of science. *Public Understanding of Science*, 5(4), 331–359. <https://doi.org/10.1088/0963-6625/5/4/003>
- Laugksch, R. C., & Spargo, P. E. (1996b). Development of a pool of scientific literacy test-items based on selected AAAS literacy goals. *Science Education*, 80(2), 121–143. [https://doi.org/https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199604\)80:2<121::AID-SCE1>3.0.CO;2-I](https://doi.org/https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199604)80:2<121::AID-SCE1>3.0.CO;2-I)
- Laugksch, R. C., & Spargo, P. E. (1999). Scientific literacy of selected South African matriculants entering tertiary education: A baseline survey. *South African Journal of Science*, 95(10), 427–432.

- Lima, A. M. D. L., & Garcia, R. N. (2015). A alfabetização científica de estudantes de licenciatura em ciências biológicas: um estudo de caso no contexto da formação inicial de professores. *X Encontro Nacional de Pesquisa Em Educação Em Ciências - X ENPEC*, 1–8.
- Lima, J. S., & Garcia, R. N. (2013). Uma investigação sobre alfabetização científica no ensino médio no colégio de aplicação - UFRGS. *Salão UFRGS 2013: SIC - XXV Salão de Iniciação Científica Da UFRGS*. <http://www.elsevier.com/locate/scp>
- McKeown, T. R. (2017). *Validation study of the science literacy assessment: a measure to assess middle school students' attitudes toward science and ability to think scientifically* [Doctor Thesis, Virginia Commonwealth University, Virginia, United States of America]. <http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=reference&D=psyc15&NEWS=N&AN=2018-09130-030>
- Miller, J. D. (1983). Scientific literacy: a conceptual and empirical review. *Daedalus*, 112(2), 29–48.
- Mun, K., Lee, H., Kim, S. W., Choi, K., Choi, S. Y., & Krajcik, J. S. (2013). Cross-cultural comparison of perceptions on the global scientific literacy with australian, chinese and korean middle school students. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(2), 437–465. <https://doi.org/10.1007/s10763-013-9492-y>
- Mun, K., Shin, N., Lee, H., Kim, S. W., Choi, K., Choi, S. Y., & Krajcik, J. S. (2015). Korean secondary students' perception of scientific literacy as global citizens: using Global Scientific Literacy Questionnaire. *International Journal of Science Education*, 37(11), 1739–1766. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1045956>
- Nascimento-Schulze, C. M. (2006). Um estudo sobre alfabetização científica com jovens catarinenses. *Psicologia - Teoria e Prática*, 8(1), 95–106. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1938/193818626006>
- Nascimento-Schulze, C. M., Camargo, B., & Wachelke, J. (2006). Alfabetização científica e representações sociais de estudantes de ensino médio sobre ciência e tecnologia. *Arquivos Brasileiros de Psicologia*, 58(2), 24–37.
- Oliveira, W. F. A., & Silva-Forsberg, M. C. (2012). Níveis de alfabetização científica de estudantes da última série do ensino fundamental. *Atas Do VIII Encontro Nacional de Pesquisa Em Educação Em Ciências - VIII ENPEC*, 00–11. <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0671-1.pdf>
- Özdem, Y., Çavaş, P., Çavaş, B., Çakiroğlu, J., & Ertepinar, H. (2010). An investigation of elementary students' scientific literacy levels. *Journal of Baltic Science Education*, 9(1), 6–19.
- Pramuda, A., Mundilarto, Kuswanto, H., & Hadiati, S. (2019). Effect of real-time physics organizer based smartphone and indigenous technology to students' scientific literacy viewed from gender differences. *International Journal of Instruction*, 12(3), 253–270. <https://doi.org/10.29333/iji.2019.12316a>
- Rachmatullah, A., Diana, S., & Rustaman, N. Y. (2016). Profile of middle school students on scientific literacy achievements by using scientific literacy assessments (SLA). *AIP Conference Proceedings*, 1708–08000(February 2016), 1–5.

- Rivas, M. I. E., Moço, M. C. de Q., & Junqueira, H. (2017). Avaliação do nível de alfabetização científica assessment of the level of scientific literacy. *Revista Acadêmica Licenciaturas*, 5(2), 58–65.
- Rundgren, C. J., Rundgren, S. N. C., Tseng, Y. H., Lin, P. L., & Chang, C. Y. (2010). Are you SLiM? Developing an instrument for civic scientific literacy measurement (SLiM) based on media coverage. *Public Understanding of Science*, 21(6), 759–773. <https://doi.org/10.1177/0963662510377562>
- Santiago, D. D. da S. A., Nunes, A. O., & Alves, L. A. (2020). Letramento científico e crenças CTSA em estudantes de pedagogia. *REPPE: Revista Do Programa de Pós-Graduação Em Ensino*, 4(2), 210–236.
- Shaffer, J. F., Ferguson, J., & Denaro, K. (2019). Use of the test of scientific literacy skills reveals that fundamental literacy is an important contributor to scientific literacy. *CBE—Life Sciences Education*, 18(3), 1–10. <https://doi.org/10.1187/cbe.18-12-0238>
- Shamos, M. H. (1995). *The myth of scientific literacy*. Rutgers University Press.
- Soobard, R., & Rannikmäe, M. (2011). Assessing student's level of scientific literacy using interdisciplinary scenarios. *Science Education International*, 22(2), 133–144. <https://eric.ed.gov/?id=EJ941672>
- Souza, K. J. P. (2019). *Letramento científico: uma análise do uso social dos conhecimentos construídos nas ciências naturais e matemática*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, Brasil.
- Utami, A. U., & Hariastuti, R. M. (2019). Analysis of science literacy capabilities through development Test of Scientific Literacy Skills (TOSLS) integrated Internet of Things (IOT) technology. *Science Education and Application Journal (SEAJ) Pendidikan IPA Universitas Islam Lamongan*, 1(1), 68–72.
- Vizzotto, P. A. (2019). *A proficiência científica de egressos do ensino médio ao utilizar a física para interpretar o cotidiano do trânsito*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.
- Vizzotto, P. A., & Del Pino, J. C. (2020a). Avaliação do nível de alfabetização científica de acadêmicos ingressantes e concluintes de cursos de licenciatura. *Research, Society and Development*, 9(5), e140953349. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i5.3349>
- Vizzotto, P. A., & Del Pino, J. C. (2020b). Medida del nivel de alfabetización científica en alumnos recién ingresados y del último año de los cursos de física. *Revista de Enseñanza de La Física*, 32(1), 21–30.
- Vizzotto, P. A., & Mackedanz, L. F. (2018). Teste de alfabetização científica básica: processo de redução e validação do instrumento na língua portuguesa. *Revista Prática Docente*, 3(2), 575–594. <https://doi.org/10.23926/rpd.2526-2149.2018.v3.n2.p575-594.id251>
- Vizzotto, P. A., Rosa, L. S., Duarte, V. de M., & Mackedanz, L. F. (2020). O uso do Teste de Alfabetização Científica Básica em estudantes do ensino fundamental: análise da confiabilidade de medida nesse grupo. *Research, Society and Development*, 9(3),

- Waldo, J. (2014). Application of the Test of Scientific Literacy Skills in the assessment of a general education natural science program. *The Journal of General Education*, 63(1), 1–14.
- Wenning, C. J. (2007). Assessing inquiry skills as a component of scientific literacy. *J. Phys. Tchr. Educ. Online*, 4(2), 21–24.

Submetido: 16/12/2021

Aprovado: 15/09/2022

CONTRIBUIÇÃO DAS/DOS AUTORES/AS

Marcelo Coppi – Concepção e desenvolvimento, desenho metodológico, levantamento da literatura, coleta e tratamento de dados, participação ativa na análise dos dados e na interpretação dos resultados, escrita do texto final.

Isabel Fialho – Concepção desenvolvimento, desenho metodológico, revisão crítica do texto e adição de partes significativas.

Marília Cid – Concepção desenvolvimento, desenho metodológico, revisão crítica do texto e adição de partes significativas.

DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSE

Os autores declaram que não há conflito de interesse com o presente artigo.

**CAPÍTULO 3 - *LITERACIA CIENTÍFICA E A REORGANIZAÇÃO
CURRICULAR EM CIÊNCIAS EM PORTUGAL***

Literacia Científica e a Reorganização Curricular em Ciências em Portugal

Marcelo Coppi¹

Isabel Fialho¹

Marília Cid¹

¹Centro de Investigação em Educação e Psicologia da Universidade de Évora (CIEP-UE), Évora – Portugal

RESUMO – Literacia Científica e a Reorganização Curricular em Ciências em Portugal. O estudo analisa a reorganização curricular no ensino de ciências do 3.º ciclo do Ensino Básico português, explora como a literacia científica está abarcada no currículo e analisa a evolução nos resultados dos alunos nas avaliações externas PISA e TIMSS. As reformas curriculares culminaram em dois documentos em vigor na área das ciências: Aprendizagens Essenciais e o Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória. Em ambos, o desenvolvimento da literacia científica é um dos principais objetivos a ser alcançado. No decorrer das mudanças curriculares ampliou-se a ênfase na importância da literacia científica para a formação dos alunos, facto que se reflete no crescimento relevante dos resultados de Portugal nas avaliações externas.

Palavras-chave: Literacia Científica. Reformas Curriculares. Ensino de Ciências. 3.º Ciclo do Ensino Básico. Currículo de Ciências.

ABSTRACT – Scientific Literacy and the Science Curriculum Reorganisation in Portugal. The study analyses the curricular reorganisation in science teaching in the Portuguese 3rd cycle of basic education, explores how scientific literacy is embraced in the curriculum and analyses the evolution in the students' results in the external assessments PISA and TIMSS. The curriculum reforms have culminated in two documents in force in science education: Essential Apprenticeships and Profile of Students Leaving Compulsory Schooling. In both, the development of scientific literacy is one of the main goals to be achieved. During the curricular changes, the emphasis on the importance of scientific literacy for the students' education has increased, which is reflected in the relevant growth of Portugal's results in external assessments.

Keywords: Scientific Literacy. Curriculum Reforms. Science Education. 3rd Cycle of Basic Education. Science Curriculum.

Introdução

Desde o final da década de 1950 e, principalmente, após a década de 1980, diversos currículos de ciências em todo o mundo vêm sofrendo alterações no sentido de melhor adequar a educação científica aos pressupostos do que veio a ser chamado de literacia científica, definida pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) como a “[...] capacidade de um indivíduo para se envolver em questões sobre ciência e compreender ideias científicas, como um cidadão reflexivo, sendo capaz de participar num discurso racional sobre ciência e tecnologia” (Marôco et al., 2016a, p. i). Portugal fez parte deste grupo de países, iniciando, no ano letivo de 2001/2002, um processo de reorganização curricular do Ensino Básico que passou a empregar novas orientações organizativas e desenhos curriculares.

Em consequência dessa reestruturação, o currículo de ciências do Ensino Básico foi desenvolvido em conformidade com as orientações e as recomendações internacionais e alinhado com os currículos dos países mais bem posicionados no *Programme for International Student Assessment* (PISA) (Galvão et al., 2017). Esses documentos curriculares definem a política educativa relativa ao ensino de ciências e revelam os princípios, os objetivos, a ênfase, a organização e os resultados de aprendizagem esperados (Rebola, 2015, p. 62).

Para Galvão et al. (2017, p. 12), em Portugal, o grande debate no ensino em ciências decorre no sentido de “[...] aumentar o interesse dos alunos pela ciência, desenvolver a literacia científica de todos os alunos, numa perspetiva de envolvimento público com a ciência”. Contudo, Serra e Galvão (2015) afirmam que as decisões que envolvem o currículo de ciências são dotadas de ideologias e de relações de poder, uma vez que as reorganizações curriculares estiveram relacionadas com as contínuas trocas de equipas no governo português. Argumentam, ainda, que, “[...] nos últimos quinze anos, o debate sobre o currículo, em Portugal, centrou-se essencialmente na dicotomia ‘objetivos versus competências’” (Serra; Galvão, 2015, p. 256).

É no quadro desses princípios que o estudo apresentado neste artigo partiu das seguintes perguntas de investigação: 1) Quais foram as reformas curriculares ocorridas no ensino de ciências no 3.º ciclo do Ensino Básico português desde 1977? 2) Quais os desdobramentos dessas reformas para o ensino de ciências no 3.º ciclo do Ensino Básico? 3) Como a literacia científica é introduzida nos documentos curriculares atualmente vigentes da área das Ciências Físicas e Naturais do 3.º ciclo do Ensino Básico português? 4) Qual o desempenho dos alunos portugueses nas provas de ciências das avaliações internacionais PISA e TIMSS ao longo dos anos de participação?

O estudo recorreu a uma abordagem qualitativa, mediante a análise documental dos principais documentos curriculares portugueses de ciências do 3.º ciclo do Ensino Básico e dos relatórios nacionais do PISA e do TIMSS. Foram analisados: o Currículo Nacional do Ensino Básico – Competências Essenciais (CNEB) (DEB, 2001); as Orientações Curricu-

lares de Ciências Físicas e Naturais do 3.º ciclo do Ensino Básico (Galvão et al., 2001); as Metas de Aprendizagem (MA) de Ciências Naturais (DGI-DC, 2010b) e de Físico-Química (DGIDC, 2010a) para o 3.º ciclo do Ensino Básico; as Metas Curriculares (MC) para o ensino de Ciências Naturais nos 5.º, 6.º, 7.º e 8.º anos (Bonito et al., 2013) e para o ensino de Físico-Química no 3.º ciclo do Ensino Básico (Fiolhais et al., 2013); o Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória (PASEO) (Martins et al., 2017); as Aprendizagens Essenciais (AE) de Ciências Naturais (DGE, 2018a, 2018b, 2018c) e de Físico-Química (DGE, 2018d, 2018e, 2018f) dos 7.º, 8.º e 9.º anos; os relatórios nacionais do PISA das edições de 2000 a 2018; e os relatórios nacionais do TIMSS das edições de 1995, 2011, 2015 e 2019.

No caso dos documentos curriculares, foram consideradas as seguintes variáveis comuns: a) data de homologação e de revogação (caso se aplique); b) abordagem de ensino (por objetivos/descriptores ou por competências); c) objetivos para o ensino de ciências; e d) menção à literacia científica. Já no que concerne aos relatórios das provas internacionais PISA e TIMSS, foram apreciadas as variáveis: a) desempenho médio dos alunos portugueses nas avaliações de ciências e a comparação com a média da OCDE; e b) evolução dos resultados de Portugal nestas provas.

Com o intuito de assumir-se como um contributo para a pesquisa na área das Ciências Físicas e Naturais do 3.º ciclo do Ensino Básico português, na perspectiva da literacia científica, o artigo organiza-se nas seguintes secções: mudanças curriculares no ensino de ciências no Ensino Básico, na qual são apresentadas as principais reformas curriculares ocorridas desde 1977, período pós revolução, no ensino de ciências desse nível de ensino; a literacia científica nos documentos curriculares vigentes das ciências físicas e naturais no 3.º ciclo do Ensino Básico, que se dedica a identificar como a literacia científica está inserida e é apresentada nos dois documentos curriculares atualmente em vigor na área das Ciências Físicas e Naturais no 3.º ciclo do Ensino Básico; e evolução do desempenho dos alunos portugueses em literacia científica nas provas internacionais, na qual se discute o desempenho dos alunos portugueses em literacia científica nas avaliações do PISA e do TIMSS.

Mudanças curriculares no ensino de ciências no Ensino Básico

Em Portugal, assim como noutros países, ocorreram diversas reformas no sistema educativo com o intuito de suprir necessidades e corrigir os problemas mais relevantes. A fim de analisar o desenvolvimento curricular no ensino de ciências, Serra e Galvão (2015) compararam os documentos oficiais de ciências naturais desde 1977 a 2001 e observaram que os programas de 1977 e de 1991 estabelecem a correspondência entre os objetivos gerais, os conteúdos, as sugestões didáticas e o ano de escolaridade. Verificaram, no entanto, que nenhum dos dois programas estipulava os objetivos específicos, deixando a cargo dos professores a sua determinação (Serra; Galvão, 2015).

No ano letivo de 1996/1997, o Departamento da Educação Básica, do Ministério da Educação, iniciou o projeto Reflexão Participada sobre

os Currículos do Ensino Básico, suscitando um processo de reorganização curricular deste nível de ensino (Abelha et al., 2007). O objetivo da reestruturação foi o de contribuir para a melhoria da contextualização, e consequente adequação, do currículo e do ensino, a fim de proporcionar um desenvolvimento integral dos alunos por meio das aprendizagens significativas (Abelha et al., 2007).

Em 2001, uma nova reorganização curricular foi realizada. Foram publicados dois documentos orientadores: o Currículo Nacional do Ensino Básico – Competências Essenciais (CNEB) (DEB, 2001) e as Orientações Curriculares para o 3.º ciclo do Ensino Básico (Galvão et al., 2001). O primeiro estabelece o conjunto de competências essenciais para o desenvolvimento do currículo nacional das várias disciplinas do Ensino Básico, ao passo que o segundo define as competências específicas para cada disciplina.

O CNEB teve como objetivo articular as diferentes disciplinas e áreas disciplinares (Rebola, 2015), estabelecendo conteúdos e experiências de aprendizagem por tema, disciplina e ciclo de ensino, ao invés do ano de escolaridade (Serra; Galvão, 2015). No entanto, as autoras alegam que “[...] face à inoperacionalidade desta formulação, em 2002/2003, o Ministério da Educação distribuiu (em acordo com as Associações de Editores e Livreiros) os temas e conteúdos programáticos por ano de escolaridade, no 3.º Ciclo” (Serra; Galvão, 2015, p. 263).

Além de articular as diversas disciplinas, o CNEB apresentava ideias e princípios inovadores, como “[...] a noção de competência, o desenvolvimento de experiências de aprendizagem adequadas, a ênfase na avaliação formativa e a gestão flexível do currículo” (Galvão et al., 2017, p. 18). O ensino por competências, descritas como saberes em uso (DEB, 2001), teve por objetivo extrapolar a visão até então vigente de currículo, centrada em objetivos (Serra; Galvão, 2015).

De acordo com as autoras, o ensino por objetivos apresentava-se como uma visão reducionista, tecnicista, mecanicista e baseada nas teorias de aprendizagem behavioristas, nas quais “[...] o currículo e o ensino desenvolvem-se por decomposição de aprendizagens complexas (objetivos gerais) em conhecimentos e processos mais simples (objetivos comportamentais), que devem ser trabalhados de forma parcelar e sequencial” (Serra; Galvão, 2015, p. 260). Já o ensino por competências centra-se em uma abordagem mais integracionista, fundamentada em teorias de aprendizagem socio construtivistas, em que o ensino se organiza em torno de situações de aprendizagem mais próximas dos contextos reais do quotidiano, que exigem dos alunos um conjunto de recursos a serem mobilizados em simultâneo (Serra; Galvão, 2015).

Assim como o CNEB, as Orientações Curriculares para o 3.º ciclo do Ensino Básico, mais especificamente da área das Ciências Físicas e Naturais (Galvão et al., 2001), também entraram em vigor no ano letivo de 2002/2003. Essa implementação inseriu-se num processo de reorganização curricular mais amplo, envolvendo um movimento de gestão participada do currículo, iniciado em 1997 (Galvão et al., 2017). Nesse sentido, um dos principais objetivos do currículo de ciências passou a

ser desafiar os professores a olharem para o ensino de um outro modo, valorizando, além de uma perspectiva mais construtivista, a abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) e as atividades investigativas (Galvão et al., 2017, p. 16).

Todavia, a execução não ocorreu conforme planejado. A ideia inicial era aplicar as inovações curriculares em algumas escolas portuguesas e, aos poucos, expandi-las para todo o território nacional (Galvão et al., 2017). Contudo, em 2002, em razão da mudança do governo, as Orientações Curriculares para as Ciências Físicas e Naturais entraram em vigor para todo o território nacional e, dessa forma, não houve tempo para realizar um trabalho preparatório nas escolas, para fazer uma monitoração sistemática das escolas e dos professores e para avaliar os processos de mudança, como havia sido previsto (Galvão et al., 2017).

Posteriormente, no ano letivo de 2009/2010, foi desenvolvido e viabilizado um novo conjunto de documentos curriculares. Dentre eles, destacam-se as Metas de Aprendizagem (MA) do 3.º ciclo do Ensino Básico, concebidas para se articularem com o CNEB e com os programas das áreas/disciplinas (DGIDC, 2010a, 2010b) e que traduzem para domínios e subdomínios de metas de aprendizagem os temas e os subtemas estabelecidos no CNEB (Rebola, 2015).

As MA de Ciências Naturais (DGIDC, 2010b) e de Físico-Química (DGIDC, 2010a) para o 3.º ciclo do Ensino Básico apresentam a literacia científica como finalidade para o ensino de ciências. Ambos os documentos tinham como objetivo elucidar as aprendizagens que, no domínio das ciências, devem ser alcançadas no final da escolaridade básica, a fim de que os alunos sejam portadores de uma literacia científica própria da sua idade, habilitando-os a compreender o mundo onde estão inseridos (DGIDC, 2010a, 2010b).

Não obstante, no ano seguinte, em 2011, o Ministério da Educação e Ciência revoga o CNEB por meio do Despacho n.º 17169/2011, de 23 de dezembro (Portugal, 2011). De acordo com o despacho, o CNEB continha diversas insuficiências e não era claro nas suas orientações, inserindo

[...] uma série de recomendações pedagógicas que se vieram a revelar prejudiciais. Em primeiro lugar, erigindo a categoria de 'competências' como orientadora de todo o ensino, menorizou o papel do conhecimento e da transmissão de conhecimentos, que é essencial a todo o ensino. Em segundo lugar, desprezou a importância da aquisição de informação, do desenvolvimento de automatismos e da memorização. Em terceiro lugar, substituiu objetivos claros, precisos e mensuráveis por objetivos aparentemente generosos, mas vagos e difíceis, quando não impossíveis de aferir. Dessa forma, dificultou a avaliação formativa e sumativa da aprendizagem. As competências não devem ser apresentadas como categoria que engloba todos os objetivos de aprendizagem, devendo estes ser claramente decompostos em conhecimentos e capacidades. Os conhecimentos e a sua aquisição têm valor em si,

independentemente de serem mobilizados para a aplicação imediata (Portugal, 2011, p. 50080).

Antunes (2021) reforça que as justificações para a revogação do CNEB fundamentaram-se no facto de o texto deste documento se apresentar extenso, repetitivo, confuso e disperso e na denúncia da orientação do ensino por competências, a qual foi concebida como prejudicial, uma vez que menospreza a memorização e dificulta as avaliações formativas e sumativas nas escolas por não apresentar objetivos claros, precisos e mensuráveis. A autora enfatiza, ainda, que a supressão do CNEB tornou a leitura das Orientações Curriculares de Ciências Físicas e Naturais, até então em vigor, sem sentido, na medida em que as referências relativas ao CNEB nelas presentes deixaram de ser interpretadas com base neste documento (Antunes, 2021).

Em seguida, no ano de 2013, foram desenvolvidas as Metas Curriculares (MC) para o ensino de Ciências Naturais nos 5.º, 6.º, 7.º e 8.º anos (Bonito et al., 2013) e para o ensino de Físico-Química no 3.º ciclo do Ensino Básico (Fiolhais et al., 2013), homologadas pelo Despacho n.º 5122/2013, de 16 de Abril (Portugal, 2013). As MC de Ciências Naturais para o 9.º ano (Bonito et al., 2014) foram homologadas posteriormente, em 2014, através do Despacho n.º 110-A/2014, de 3 de Janeiro (Portugal, 2014). De acordo com os autores dos documentos, os temas organizadores e os conteúdos essenciais do programa das disciplinas de Ciências da Natureza do 2.º ciclo do Ensino Básico, assim como as Orientações Curriculares de Ciências Físicas e Naturais para o 3.º ciclo do Ensino Básico foram levados em consideração para a elaboração das MC (Bonito et al., 2013; Fiolhais et al., 2013).

As MC da área das Ciências Físicas e Naturais estão organizadas em domínios, subdomínios, objetivos gerais e descritores. Entende-se por domínio “[...] uma área aglutinadora de conteúdos, a que corresponde uma unidade temática, podendo dividir-se em agrupamentos de menor inclusão, designados de ‘Subdomínios’” (Bonito et al., 2013, p. 1). Já os objetivos correspondem à aprendizagem pretendida e compreendem os descritores dos níveis de desempenho que deverão ser demonstrados pelos alunos (Bonito et al., 2013).

Contudo, as MC de Ciências Naturais receberam diversas críticas. Dentre elas, o facto de retomarem o ensino de ciências por objetivos e acrescentarem os objetivos específicos, representados pelos descritores (Serra; Galvão, 2015). Segundo as autoras, demasiada relevância foi dada à memorização no processo de aprendizagem. Facto esse que foi verificado pela maior frequência no aparecimento de verbos como “indicar”, “referir”, “descrever”, e “dar exemplos” nos descritores, evidenciando um “[...] regresso explícito e assumido ao currículo organizado em torno de objetivos, que havia caracterizado o currículo português até ao ano 2001” (Serra; Galvão, 2015, p. 266).

Em 2017, o Ministério da Educação desenvolveu o Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória (PASEO) (Martins et al., 2017), homologado pelo Despacho n.º 6478/2017, de 26 de Julho (Portugal, 2017). Esse documento curricular adotou uma perspetiva construti-

vista, uma abordagem prática, na qual incluiu o ensino investigativo, e um aspeto encorajador da interdisciplinaridade, elementos que já estavam contidos nos princípios fundamentais do CNEB, revogado em 2011 (Galvão et al., 2017). Revelando-se como um referencial para as tomadas de decisão de gestores de políticas públicas educativas e de atores educativos ao nível de estabelecimentos de ensino, o PASEO constitui-se como “[...] matriz comum para todas as escolas e ofertas educativas no âmbito da escolaridade obrigatória, designadamente ao nível curricular, no planeamento, na realização e na avaliação interna e externa do ensino e da aprendizagem” (Martins et al., 2017, p. 1).

Dotado de transversalidade, o PASEO possibilita que cada área curricular desenvolva todas as suas competências. Para isso, está estruturado em: princípios, que dão sentido às ações relacionadas com a execução e com a gestão do currículo na escola em todas as áreas disciplinares; visão, que apresenta o que é intencionado para os jovens, enquanto cidadãos, à saída da escolaridade obrigatória; valores, compostos pelas características éticas que justificam o modo de estar e agir dos alunos; e áreas de competência, ou seja, combinações de conhecimentos, capacidades e atitudes que possibilitam uma efetiva ação em contextos diversificados (Martins et al., 2017).

No ano seguinte, em 2018, foi homologado o documento das Aprendizagens Essenciais (AE) do Ensino Básico, pelo Despacho n.º 6944-A/2018, de 19 de Julho. As AE constituem um conjunto de conhecimentos disciplinares a ser adquirido, bem como de capacidades e atitudes a serem desenvolvidas, obrigatoriamente, por todos os alunos em cada disciplina do seu ano de escolaridade ou de formação (Portugal, 2018b).

O principal objetivo das AE é assegurar a igualdade de oportunidades e promover o sucesso educativo dos alunos ao longo da escolaridade obrigatória. Relativamente ao ensino de ciências do 3.º ciclo do Ensino Básico, as AE estão representadas pelas AE de Ciências Naturais (DGE, 2018a; 2018b; 2018c) e de Físico-Química (DGE, 2018d; 2018e; 2018f) dos 7.º, 8.º e 9.º anos.

As AE apresentam-se em convergência com o PASEO, uma vez que visam o desenvolvimento das competências estipuladas e evidenciam os conteúdos específicos das disciplinas e das estratégias de ensino. Nesse sentido, ambos os documentos curriculares se constituem como referenciais para as decisões a serem tomadas pela escola relativas à adequação e à contextualização do planeamento, da realização do ensino e da aprendizagem e das avaliações internas e externas dos alunos (Portugal, 2018b).

A revisão curricular, iniciada em 2012, deu lugar à publicação de um novo currículo definido pelo Decreto-Lei n.º 55/2018, de 6 de Julho (Portugal, 2018a). Neste, foram redesenhadas novas matrizes curriculares para o 3.º ciclo do Ensino Básico,

[...] conferindo à escola autonomia na organização dos horários (distribuição das cargas horárias por tempos letivos semanais), incentivando a utilização do tempo

sobrança no reforço das atividades letivas da turma num discurso de intenção da articulação curricular com vista ao desenvolvimento do Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória, e conferindo às escolas a possibilidade de organizarem os tempos letivos na unidade que considerem mais adequada (Antunes, 2021, p. 145).

É válido ressaltar que estes dois documentos oficiais, PASEO e AE, apresentam perspetivas divergentes das MC. Antunes (2021) destaca os princípios orientadores das mudanças curriculares, afirmando que “[...] a coerência e a sequencialidade na articulação entre ciclos, a diversidade da oferta e a redução da dispersão curricular” presentes na revisão curricular instituidora das MC deram lugar “[...] à gestão curricular realizada na escola, à abordagem multinível, à garantia da escola inclusiva e à avaliação formativa” (Antunes, 2021, p. 149) incluídos no PASEO e nas AE. A autora realça, ainda, que, enquanto as MC resultaram na redução da dispersão curricular, no reforço das disciplinas essenciais, no foco nos conteúdos disciplinares centrais e numa aposta progressiva na autonomia das escolas, a homologação do PASEO sucedeu a reorganização das matrizes curriculares, a proposta de uma abordagem interdisciplinar e a gestão flexível do currículo.

Por fim, em 2021, o Despacho n.º 6605-A/2021, de 6 de Julho (Portugal, 2021), revoga todos os documentos considerados como desajustados face aos referidos normativos. Na área das ciências, foram revogados: o Programa de Ciências Naturais do 2.º ciclo do Ensino Básico (Organização Curricular e Programas e o Programa de Ciências da Natureza: Plano de Organização do Ensino-Aprendizagem); o Programa de Ciências Naturais do 3.º ciclo do Ensino Básico (Orientações Curriculares de Ciências Físicas e Naturais); e as Metas Curriculares de Ciências Naturais e de Físico-Química do Ensino Básico.

Atualmente, o ensino de ciências no Ensino Básico é dividido em três ciclos. No 1.º ciclo aborda-se a área do Estudo do Meio, no 2.º ciclo trabalha-se a disciplina de Ciência da Natureza e no 3.º ciclo as disciplinas de ciências estão distribuídas em Ciências Naturais e Físico-Química, constituindo a área das Ciências Físicas e Naturais. Os documentos curriculares orientadores em vigor são: AE de Estudos do Meio do 1.º ciclo (1.º ao 4.º ano), AE de Ciências Naturais do 2.º ciclo (5.º e 6.º anos) e AE de Ciências Naturais e de Físico-Química do 3.º ciclo (7.º ao 9.º ano) do Ensino Básico. Em todos os ciclos, as AE estão articuladas com o PASEO.

A literacia científica nos documentos curriculares vigentes das Ciências Físicas e Naturais no 3.º ciclo do Ensino Básico

Esta secção aborda o modo como a literacia científica está inserida e é apresentada nos dois documentos curriculares em vigor na área das Ciências Físicas e Naturais no 3.º ciclo do Ensino Básico, AE e PASEO.

Nas AE de Físico-Química dos 7.º, 8.º e 9.º anos, o termo literacia científica aparece em três momentos. Um deles mostra-se logo na introdução do documento, sustentando que “[...] a disciplina de Físico-Quí-

mica, no Ensino Básico, visa contribuir para o desenvolvimento da literacia científica dos alunos, despertando a curiosidade acerca do mundo que nos rodeia e o interesse pela Ciência” (DGE, 2018d, p. 1; 2018e, p. 1; 2018f, p. 1). As duas outras referências encontram-se na dupla perspetiva sobre as quais as AE de Físico-Química foram elaboradas.

A primeira indica que, ao concluírem esta disciplina no final do 3.º ciclo, os alunos desenvolverão competências ao nível da literacia científica que lhes permitirão “[...] a mobilização da compreensão de processos e fenómenos científicos para a tomada de decisão, conscientes das implicações da Ciência no mundo atual, de forma a exercerem uma cidadania participada” (DGE, 2018d, p. 2; 2018e, p. 2; 2018f, p. 2). Ao passo que a segunda referência assume que “[...] os alunos que optarem pelo prosseguimento de estudos numa escolaridade obrigatória de 12 anos na área das ciências ficam dotados de literacia científica que lhes permita o aprofundamento de saberes nesta área” (DGE, 2018d, p. 2; 2018e, p. 2; 2018f, p. 2). Consta, também, a necessidade de desenvolvimento de competências relacionadas com a literacia científica, como o raciocínio, a capacidade de resolução de problemas, a autonomia e o desenvolvimento pessoal, do trabalho em equipa e das relações interpessoais (DGE, 2018d; 2018e; 2018f).

Relativamente às AE de Ciências Naturais, apesar de não se referirem ao termo literacia científica de forma explícita, abordam competências pertinentes a esta ao informar, logo na introdução, que a disciplina tem como objetivo

[...] desenvolver uma compreensão geral e abrangente das principais ideias e estruturas explicativas das Ciências da Terra e da Vida, de aspetos da História e da Natureza da Ciência, de procedimentos da investigação científica, bem como questionar o comportamento humano perante o mundo e o impacto da ciência e da tecnologia no ambiente e nos seres vivos (DGE, 2018a, p. 1; 2018b, p. 1; 2018c, p. 1).

Além disso, em concordância com as finalidades da literacia científica, as AE de Ciências Naturais almejam proporcionar aos alunos a compreensão dos limites, das possibilidades e dos efeitos da aplicação do conhecimento das ciências e da tecnologia na sociedade, além da consciência da necessidade da adoção de comportamentos coerentes com um desenvolvimento sustentável (DGE, 2018a; 2018b; 2018c).

É importante salientar que as AE de Físico-Química e de Ciências Naturais, em concordância com as Orientações Curriculares das Ciências Físicas e Naturais e em discordância com as MC da área, ambas atualmente revogadas, aspiram o ensino por competências e realçam a importância das aprendizagens necessárias para a construção significativa do conhecimento e para o desenvolvimento de atitudes e processos cognitivos associados à ciência (DGE, 2018a, 2018b, 2018c). Além disso, visam a assimilação de conhecimentos e de competências que permitam aos alunos, como cidadãos ativos, intervir em questões científicas e tecnológicas que se colocam na sociedade atual, bem como

despertar o interesse e a curiosidade pela ciência numa perspetiva de aprendizagem ao longo da vida (DGE, 2018a; 2018b; 2018c).

Pelo facto de estarem articuladas com o PASEO, as AE de Ciências Naturais e de Físico-Química favorecem o desenvolvimento das competências que nele constam. Apesar de se tratar de um documento que engloba todas as áreas do currículo e não apenas a área das Ciências Físicas e Naturais, o PASEO aborda aspetos relativos a esta como, por exemplo, a relação entre o conhecimento científico e tecnológico com a segurança e com a sustentabilidade da sociedade (Martins et al., 2017).

Assim como as AE de Ciências Naturais, o PASEO não especifica o termo literacia científica. Todavia, refere-se às múltiplas literacias, dentre as quais está abrangida a científica. De acordo com o documento, a escola, “[...] enquanto ambiente propício à aprendizagem e ao desenvolvimento de competências, onde os alunos adquirem as múltiplas literacias que precisam de mobilizar, tem que se ir reconfigurando para responder às exigências destes tempos de imprevisibilidade e de mudanças aceleradas” (Martins et al., 2017, p. 7). Mediante o desenvolvimento de tais competências, o PASEO visa uma educação escolar que permita aos alunos participar e intervir de forma ativa, consciente e responsável na sociedade e tomar decisões fundamentadas sobre questões naturais, sociais e éticas que envolvem os debates atuais (Martins et al., 2017).

Evolução do desempenho dos alunos portugueses em literacia científica nas provas internacionais

A participação de Portugal nas avaliações internacionais em larga escala teve início na década de 1990 (Fernandes; Gonçalves, 2018). Na sua maioria, os estudos estavam relacionados com as literacias em leitura, matemática e ciências (Fernandes, 2009). Contudo, Fernandes (2009) alega que a participação portuguesa não teve propósitos claros e ocorreu de forma desassociada das ações de política educativa.

Silva (2014) corrobora a ideia, alegando que os dados obtidos das avaliações, apesar de relevantes, não eram levados em consideração como deveriam. Segundo o autor, os dados eram frequentemente ignorados, a sua publicação era escassa e as poucas notícias veiculadas enfatizavam o facto de os alunos portugueses se encontrarem nos últimos lugares. Além disso, as informações raramente indicavam os aspetos que precisavam ser melhorados ou que distinguiam Portugal dos outros países.

Foi somente a partir dos anos 2000 que os resultados das avaliações externas internacionais, principalmente do PISA e do TIMSS, passaram a integrar, de forma nunca antes vista, o discurso político em Portugal (Fernandes; Gonçalves, 2018). Desde então, com base nos desempenhos dos alunos nestas duas avaliações, surgiram diversos programas e projetos para a qualidade da educação (Rodrigues, 2010), como o Programa de Formação em Ensino Experimental das Ciências (PFEEC), cujo objetivo era o desenvolvimento de competências e de atitudes investigativas dos alunos e dos professores em formação (Saraiva, 2017).

Não obstante, Fernandes e Gonçalves (2018) argumentam que o desenvolvimento de programas e projetos visando a melhoria da qualidade da educação teve o seu verdadeiro início em 1986, com a aprovação da Lei de Bases do Sistema Educativo. Segundo os autores, foi a partir deste ano,

[...] ainda bem longe da primeira edição do PISA, que, de forma sistemática e consequente, se foram lançando programas e projetos com claros propósitos de modernização e de melhoria da qualidade e da equidade como se verá mais adiante (e.g., Projeto Minerva, Projeto Educação Para Todos, Programa Ciência Viva, Plano Nacional de Leitura, Programa Novas Oportunidades, Plano de Ação para a Matemática) (Fernandes; Gonçalves, 2018, p. 4).

No caso específico da educação científica, Saraiva (2017) aponta que maior atenção lhe foi dada após a publicação do livro de Mariano Gago, *Manifesto para a ciência em Portugal* (Gago, 1990), no qual o autor a apresenta como componente central das políticas educacionais. A partir de então, a educação científica recebeu um enorme impulso, principalmente com a criação do Programa Ciência Viva, que incentivou a produção de uma rede nacional de centros interativos de ciência, que atualmente conta com 22 Centros Ciência Viva no território nacional, voltados para a aprendizagem informal das ciências.

Desempenho dos alunos portugueses em literacia científica no PISA

Considerando que o desempenho dos alunos no PISA e no TIMSS é um dos grandes alvos de debates públicos relacionados com qualidade da educação portuguesa, a seguir são apresentados os resultados de Portugal nas provas de ciências, que avaliam a literacia científica, ao longo dos anos de participação.

Portugal compõe o grupo de países da OCDE que participou desde a primeira edição do PISA, em 2000, verificando-se que, até à avaliação de 2012, a média dos alunos portugueses em ciências situou-se abaixo da média dos países da OCDE (Marôco et al., 2016a). Apesar disso, a participação portuguesa apresentou como tendência um crescimento positivo, com uma ligeira queda entre 2009 e 2012, que foi recuperada e ultrapassada em 2015 (Marôco et al., 2016a) e mantida na edição de 2018.

Nas edições entre 2006 e 2015, o desempenho médio dos alunos portugueses na prova de ciências melhorou, enquanto na maior parte dos países o desempenho neste domínio permaneceu praticamente inalterado. Portugal também apresentou um aumento no número de alunos com desempenho de nível superior (*top performers*: níveis de proficiência 5 e 6) e uma diminuição no número de alunos com baixo desempenho (*low performers*: níveis de proficiência abaixo do nível 2 de proficiência) (OCDE, 2016).

Essa melhoria culminou, em 2015, na primeira vez em que a média dos alunos portugueses ultrapassou, significativamente, a média da OCDE na prova de ciências (Marôco et al., 2016a). Tal facto torna-se ain-

da mais relevante levando em consideração que, nesse ano, o destaque do PISA foi dado ao domínio de ciências.

Marôco et al. (2016a) alegam que a comparação mais adequada entre os resultados da literacia científica é aquela na qual são analisados os valores médios dos alunos portugueses nos anos cuja ênfase da avaliação do PISA foi a prova de ciências, ciclos de 2006 e 2015. Confrontando os resultados desses dois anos, observa-se que Portugal registou uma progressão positiva e significativa de 27 pontos, com um aumento médio de 2.8 pontos/ano, superando a média da OCDE, que decresceu ligeiramente (Marôco et al., 2016a).

No que se refere ao nível de proficiência, a avaliação do PISA identifica sete níveis: 1b (261 a 334 pontos), 1a (335 a 409 pontos), 2 (410 a 483 pontos); 3 (484 a 558 pontos); 4 (559 a 632 pontos); 5 (633 a 707 pontos); e 6 (acima de 708 pontos). De acordo com a lógica do PISA, um aluno demonstra apresentar os conhecimentos e as competências básicas para compreender a ciência no mundo atual – literacia científica – ao atingir o nível de proficiência 2 na avaliação de ciências (Saraiva, 2017, p. 12). Neste nível,

[...] os alunos são capazes de utilizar conhecimentos do dia a dia sobre conteúdo e conhecimentos elementares sobre procedimentos para identificar uma explicação científica apropriada, interpretar dados e identificar a questão investigada num delineamento experimental simples. São capazes de utilizar conhecimentos científicos elementares ou do dia a dia para identificar uma conclusão válida retirada de um conjunto simples de dados. Os alunos cujo desempenho se situa no nível 2 demonstram conhecimento epistemológico elementar ao serem capazes de identificar questões que podem ser investigadas cientificamente (Marôco et al., 2016a, p. 29).

Os resultados de Portugal no PISA 2015 revelaram que a média dos alunos foi de 501 pontos, situando o país no conjunto de participantes que obtiveram resultado significativamente superior ao da média da OCDE, que, neste ciclo, foi de 493 (Marôco et al., 2016a). Observou-se, também, que 82.6% dos alunos portugueses alcançaram o nível de proficiência 2 ou superior e que 75% deles se enquadraram entre os níveis de proficiência 2 e 4 (Marôco et al., 2016a).

No PISA 2018, último resultado disponível até ao momento, observou-se um decréscimo na pontuação média dos alunos portugueses quando comparada ao ciclo anterior, houve uma queda de 9 pontos em relação à prova de 2015 (Lourenço et al., 2019). Embora a média de 492 pontos dos alunos portugueses se tenha mostrado acima da média da OCDE, que foi de 489 pontos. O resultado acompanha a tendência decrescente da pontuação média da OCDE que, em 2015, já apresentou uma queda de quatro pontos em relação a 2006 (Lourenço et al., 2019).

Apesar da queda na pontuação, a percentagem de alunos que alcançou o nível 2 de proficiência subiu de 75% para 80% nesta última edição e mostrou-se superior àquela verificada para a média dos países da OCDE, que foi de 78% (Lourenço et al., 2019). Além disso, a análise da

variação média em ciclos de três anos evidenciou que Portugal destacasse na área das ciências, apresentando uma variação positiva e significativa de 4.3 pontos (Lourenço et al., 2019).

Desempenho dos alunos portugueses em literacia científica no TIMSS

Em 2019, o TIMSS realizou a 7.^a edição do estudo, dentre as quais Portugal participou de apenas quatro: 1995, 2011, 2015 e 2019 (1.^a, 5.^a, 6.^a e 7.^a edições, respetivamente). Contudo, a participação de Portugal não foi a mesma em todos os anos. Na primeira edição, os alunos portugueses participaram nos dois níveis avaliados, 3.^o e 4.^o anos e 7.^o e 8.^o anos (Ferreira et al., 2012). Na segunda e na terceira edição, apenas os alunos do 4.^o ano realizaram a avaliação e, na última edição, participaram os alunos do 4.^o e do 8.^o anos de escolaridade (Marôco et al., 2016b).

Desde a primeira edição, a escala de literacia do TIMSS é estandardizada e varia de 0 a 1000 pontos, na qual o valor médio é de 500 pontos, com desvio padrão de 100 pontos (Marôco et al., 2016b). Além disso, o TIMSS estabelece quatro níveis de desempenho: baixo (400 a 474 pontos); intermediário (475 a 549 pontos); elevado (550 a 624 pontos); e avançado (acima de 625 pontos) (Ferreira et al., 2012).

Na 1.^a edição, em 1995, a média de Portugal na avaliação de ciências posicionou-se no nível básico. Os alunos dos 3.^o e 4.^o anos obtiveram uma média de 452 pontos (IEA, 1996), enquanto os alunos dos 7.^o e 8.^o anos apresentaram uma média de 454 pontos (IEA, 1997). Já na segunda participação, em 2011, os alunos do 4.^o ano apresentaram uma média de 522 pontos, demonstrando um aumento significativo de 70 pontos, elevando a posição de Portugal para o nível intermediário (Ferreira et al., 2012). Vale ressaltar que, nesse ano, Portugal foi um dos oito países cujo desempenho superou o de 1995 (Ferreira et al., 2012).

Já nos resultados de 2015, os alunos portugueses dos 3.^o e 4.^o anos ficaram abaixo da edição anterior. A média foi de 508 pontos, 14 abaixo daquela obtida em 2011, facto esse que resultou em uma queda da 19.^a para a 32.^a posição no *ranking* internacional (Marôco et al., 2016b). Esses resultados revelaram uma tendência inversa à do contexto internacional, em que muitos países obtiveram aumentos significativos nos resultados em ciências entre os dois ciclos anteriores (Marôco et al., 2016b). Saraiva (2017) argumenta que essa discrepância passou quase despercebida no debate público e que, talvez, o protagonismo da matemática e do português nos *rankings* internacionais tenha minimizado essa situação.

Na edição de 2019, os alunos do 4.^o ano obtiveram uma pontuação média de 504 pontos, ocupando o 33.^o lugar do *ranking* internacional (Duarte et al., 2020a). Apesar do resultado se ter mostrado quatro pontos inferiores ao do ciclo anterior, esta diferença não é estatisticamente significativa. Ademais, cerca de 67% dos alunos portugueses do 4.^o ano alcançaram o nível intermédio de desempenho e mais de um quarto dos alunos portugueses alcançou o nível elevado ou avançado (Duarte et al., 2020a).

Já os alunos do 8.º ano alcançaram uma média de 519 pontos, situando Portugal no 13.º lugar do *ranking* dos países participantes (Duarte et al., 2020b). Esse resultado é significativamente superior ao obtido na avaliação de 1995, em mais de 46 pontos, garantindo um dos melhores resultados médios, estatisticamente acima do ponto central da escala TIMSS de ciências (Duarte et al., 2020b). O relatório indica que cerca de 73% dos alunos atingiram pelo menos o nível intermédio e que apenas 7% alcançaram o nível avançado de desempenho na escala (Duarte et al., 2020b).

Levando em consideração a evolução da média de pontos dos alunos nas avaliações internacionais do PISA e do TIMSS ao longo dos anos, é possível inferir que as diversas reformas curriculares ocorridas desde 1977 repercutiram positivamente no ensino de ciências em Portugal. Ainda assim, Galvão et al. (2017) afirmam que, no geral, embora tenha havido progressos, os resultados dos alunos portugueses continuam aquém das expectativas. Os autores alegam que embora a implementação do currículo para o 3.º ciclo do Ensino Básico, no ano letivo de 2001/2002, tenha seguido as recomendações internacionais para melhoria da qualidade do ensino de ciências, “[...] continua a persistir uma discrepância entre aquilo que seria esperado em termos dos desempenhos dos alunos em exames internacionais (tais como o PISA, construídos à luz das recomendações internacionais) e aquilo que de facto os alunos alcançam” (Galvão et al., 2017, p. 15).

Considerações finais

O processo de reorganização curricular na área das Ciências Físicas e Naturais do 3.º ciclo do Ensino Básico, desencadeado por um conjunto de reformas no sistema educativo português, culminou na vigência de dois documentos curriculares: o PASEO e as AE. O PASEO, constituído por uma matriz comum, assume-se como um referencial para as tomadas de decisão de todos os atores educativos dos estabelecimentos de educação e de ensino. Já as AE, articuladas com o PASEO, consistem em competências (conhecimentos, capacidades e atitudes) fundamentais e indispensáveis a serem adquiridas e desenvolvidas por todos os alunos, em cada componente do currículo, ao longo do ano de escolaridade ou de formação.

No PASEO, a literacia científica enquadra-se nas múltiplas literacias, cujo desenvolvimento é tido como um dos principais objetivos, face às exigências do mundo contemporâneo. Já nas AE da área das Ciências Físicas e Naturais do 3.º ciclo do Ensino Básico, composta pelas disciplinas de Físico-Química e de Ciências Naturais, a literacia científica é apresentada como o principal objetivo a fim de despertar a curiosidade e o interesse pela ciência e, também, possibilitar o aprofundamento de saberes nessas áreas para aqueles que optarem pelo prosseguimento de estudos na área das ciências no ensino secundário.

Acerca do rendimento dos alunos portugueses nas avaliações externas, observa-se que houve um progresso considerável ao longo dos anos de participação de Portugal nas avaliações externas do PISA e do

TIMSS. Embora alguns pesquisadores considerem que a evolução dos resultados ainda esteja abaixo do desejado e do esperado, nota-se um crescimento notável nas escalas de avaliação e, conseqüentemente, nos *rankings* internacionais.

Em síntese, o estudo evidenciou a dimensão e a relevância do encaqueamento das reformas curriculares ocorridas no sistema educacional português, especificamente na área das Ciências Físicas e Naturais, para o desenvolvimento da literacia científica dos alunos do 3.º ciclo do Ensino Básico, contribuindo para a melhoria contínua dos resultados de Portugal no PISA e no TIMSS.

Para terminar, referimos possíveis limitações do estudo desenvolvido, associando-as a sugestões para investigações futuras. Assim, não foi incluída uma análise aprofundada de eventuais impactos nas duas disciplinas que compõem esta área, Ciências Naturais e Físico-Química, para além da mudança de abordagem e objetivos. Sugere-se, portanto, que pesquisas futuras sejam capazes de analisar e estabelecer correspondências entre tais reformas e as eventuais conseqüências e repercussões nessas duas disciplinas científicas, como na mudança de metodologias, estratégias de ensino, instrumentos de avaliação, entre outros.

Uma segunda limitação do estudo refere-se ao facto de, por não se tratar do objetivo central do artigo, não analisar e discutir a conformação das reformas curriculares aos testes padronizados. No entanto, reconhecendo a importância de tal análise, recomenda-se a investigação da influência das condições e exigências impostas pelos instrumentos standardizados sobre o processo de reorganização curricular da área das Ciências Físicas e Naturais de Portugal.

Agradecimentos

Este trabalho é financiado por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia no âmbito da Bolsa de Investigação com Referência UI/BD/151034/2021 e o projeto UIDB/04312/2020.

Recebido em 17 de janeiro de 2023

Aprovado em 30 de maio de 2023

Referências

- ABELHA, Marta et al. Impacte da reorganização curricular das ciências físicas e naturais nas dinâmicas de trabalho docente. *Revista da Educação*, v. XV, n. 2, p. 79-95, 2007.
- ANTUNES, Maria Plantier Santos Lobo. *Dois currículos de ciências naturais e as políticas curriculares para o século XXI*. 2021. 323 f. Tese (Doutorado em Educação) – Instituto de Educação, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2021.
- BONITO, Jorge et al. *Metas curriculares – ensino básico – ciências naturais: 5.º, 6.º, 7.º e 8.º anos*. Lisboa: Ministério da Educação e Ciência; DGIDC, 2013.
- BONITO, Jorge et al. *Metas curriculares – ensino básico – ciências naturais: 9.º ano*. Lisboa: Ministério da Educação e Ciência; DGIDC, 2014.

DEB. Departamento da Educação Básica. **Currículo nacional do ensino básico – competências essenciais**. Lisboa: Ministério da Educação, 2001.

DGE. Direção-Geral da Educação. **Aprendizagens essenciais, articulação com o perfil dos alunos – Ciências Naturais – 7.º ano – 3.º ciclo do Ensino Básico**. Lisboa: Ministério da Educação, 2018a. Disponível em: http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/ciencias_naturais_3c_7a_ff.pdf. Acesso em: 21 nov. 2022.

DGE. Direção-Geral da Educação. **Aprendizagens essenciais, articulação com o perfil dos alunos – Ciências Naturais – 8.º ano – 3.º ciclo do Ensino Básico**. Lisboa: Ministério da Educação, 2018b. Disponível em: http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/ciencias_naturais_3c_8a_ff.pdf. Acesso em: 21 nov. 2022.

DGE. Direção-Geral da Educação. **Aprendizagens essenciais, articulação com o perfil dos alunos – Ciências Naturais – 9.º ano – 3.º ciclo do Ensino Básico**. Lisboa: Ministério da Educação, 2018c. Disponível em: http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/ciencias_naturais_3c_9a_ff.pdf. Acesso em: 21 nov. 2022.

DGE. Direção-Geral da Educação. **Aprendizagens essenciais, articulação com o perfil dos alunos – Físico-química – 7.º ano – 3.º ciclo do Ensino Básico**. Lisboa: Ministério da Educação, 2018d. Disponível em: http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/fisico-quimica_3c_7a_ff.pdf. Acesso em: 21 nov. 2022.

DGE. Direção-Geral da Educação. **Aprendizagens essenciais, articulação com o perfil dos alunos – Físico-química – 8.º ano – 3.º ciclo do Ensino Básico**. Lisboa: Ministério da Educação, 2018e. Disponível em: http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/fisico-quimica_3c_8a_ff.pdf. Acesso em: 21 nov. 2022.

DGE. Direção-Geral da Educação. **Aprendizagens essenciais, articulação com o perfil dos alunos – Físico-química – 9.º ano – 3.º ciclo do Ensino Básico**. Lisboa: Ministério da Educação, 2018f. Disponível em: http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/fisico-quimica_3c_9a.pdf. Acesso em: 21 nov. 2022.

DGIDC. Direção Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular. **Metas de aprendizagem: 3º ciclo - ciências físico-químicas**. Lisboa: Ministério da Educação, 2010a. Disponível em: <http://metasdeaprendizagem.dge.mec.pt/ensino-basico/metas-de-aprendizagem/metas/?area=31&level=6>. Acesso em: 21 nov. 2022.

DGIDC. Direção Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular. **Metas de aprendizagem: 3º ciclo - ciências naturais**. Lisboa: Ministério da Educação, 2010b. Disponível em: <http://metasdeaprendizagem.dge.mec.pt/metasdeaprendizagem.dge.mec.pt/ensino-basico/apresentacao/index.html>. Acesso em: 21 nov. 2022.

DUARTE, Alexandra (Coord.). et al. **TIMSS 2019 – Portugal. Resultados a matemática e a ciências – 4.º ano – Volume 1**. Lisboa: IAVE, 2020a.

DUARTE, Alexandra (Coord.). et al. **TIMSS 2019 – Portugal. Resultados a matemática e a ciências – 8.º ano – Volume 2**. Lisboa: IAVE, 2020b.

FERNANDES, Domingos. Educational assessment in Portugal. **Assessment in Education: Principles, Policy & Practice**, v. 16, n. 2, p. 241-261, 2009.

FERNANDES, Domingos; GONÇALVES, Conceição. Para compreender o desempenho dos alunos portugueses no PISA (2000-2015). In: ORTIGÃO, Maria Isabel Ramalho (Ed.). **Políticas de Avaliação, Currículo e Qualidade: Diálogos sobre o PISA**. Curitiba: CRV, 2018. P. 39-68.

- FERREIRA, Ana Sousa et al. **TIMSS 2011 – principais resultados em ciências**. Lisboa: Ministério da Educação e Ciência – ProjAVI, 2012.
- FIOLHAIS, Carlos (Coord.). et al. **Metas curriculares do 3º ciclo do ensino básico de ciências físico-químicas**. Lisboa: Ministério da Educação e Ciência; DGIDC, 2013.
- GAGO, José Mariano. **Manifesto para a ciência em Portugal**. Lisboa: Gradiva, 1990.
- GALVÃO, Cecília (Coord.). et al. **Ciências físicas e naturais – orientações curriculares para o 3º ciclo do ensino básico**. Lisboa: Ministério da Educação, 2001.
- GALVÃO, Cecília (Coord.). et al. **Avaliação do currículo das ciências físicas e naturais: percursos e interpretações**. Lisboa: Instituto de Educação da Universidade de Lisboa, 2017.
- IEA. International Association for the Evaluation of Educational Achievement. **Highlights of results from TIMSS**. Amsterdam: IEA, 1996. Disponível em: <https://timss.bc.edu/timss1995i/TIMSSPDF/P2HiLite.pdf>. Acesso em: 5 dez. 2022.
- IEA. International Association for the Evaluation of Educational Achievement. **TIMSS highlights from the primary grades**. Amsterdam: IEA, 1997. Disponível em: <https://timss.bc.edu/timss1995i/TIMSSPDF/P1HiLite.pdf>. Acesso em: 5 dez. 2022.
- LOURENÇO, Vanda (Coord.). et al. **PISA 2018 – Portugal**. Relatório nacional. Lisboa: IAVE, 2019. P. 156.
- MARÔCO, João (Coord.). et al. **PISA 2015 – Portugal**. Volume I: literacia científica, literacia de leitura & literacia matemática. Lisboa: IAVE, 2016a.
- MARÔCO, João (Coord.). et al. **TIMSS 2015 – Portugal**. Volume I: desempenhos em matemática e em ciências. Lisboa: IAVE, 2016b.
- MARTINS, Guilherme d'Oliveira (Coord.). et al. **Perfil dos alunos à saída da escolaridade obrigatória**. Lisboa: Ministério da Educação e Ciência; DGE, 2017.
- OCDE. Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **PISA 2015 – results in focus**. Paris: OCDE Publications, 2016.
- PORTUGAL. Despacho n.º 17169/2011 de 23 de dezembro de 2011. **Diário da República**, Lisboa, 2.ª série, n.º 245, p. 50080, 2011.
- PORTUGAL. Despacho n.º 5122/2013 de 16 de abril de 2013. **Diário da República**, Lisboa, 2.ª série, n.º 74, p. 12431, 2013.
- PORTUGAL. Despacho n.º 110-A/2014 de 3 de janeiro de 2014. **Diário da República**, Lisboa, 2.ª série, n.º 2, p. 202, 2014.
- PORTUGAL. Despacho n.º 6478/2017 de 26 de julho de 2017. **Diário da República**, Lisboa, 2.ª série, n.º 143, p. 15484, 2017.
- PORTUGAL. Decreto-Lei n.º 55/2018, de 6 de julho de 2018. **Diário da República**, Lisboa, 1.ª série, n.º 129, p. 2928, 2018a.
- PORTUGAL. Despacho n.º 6944-A/2018 de 19 de julho de 2018. **Diário da República**, Lisboa, 2.ª série, n.º 128, p. 19734, 2018b.
- PORTUGAL. Despacho n.º 6605-A/2021 de 6 de julho de 2021. **Diário da República**, Lisboa, 2.ª série, n.º 129, p. 241, 2021.
- REBOLA, Fernando António Trindade. **O ensino de ciências e a promoção da literacia científica na educação básica: representações e conhecimento profissional dos professores de ciências**. 2015. 437 f. Tese (Doutorado em Educação) – Instituto de Educação, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2015.

RODRIGUES, Maria de Lurdes. *A escola pública pode fazer a diferença*. Coimbra: Almedina, 2010.

SARAIVA, Leonardo. A aprendizagem das ciências em Portugal: uma leitura a partir dos resultados do TIMSS e do PISA. *Mediações*, Lisboa, v. 5, n. 2, p. 4-18, 2017.

SERRA, Paula; GALVÃO, Cecília. Evolução do currículo de ciências em Portugal: será Bloom incontornável? *Interações*, Santarém, v. 11, n. 39, p. 255-271, 2015.

SILVA, Jaime Carvalho. A importância do estudo internacional PISA. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Matemática*, Porto, v. 41, p. 67-80, 2014.

Marcelo Coppi é Licenciado em Ciências Biológicas pelo Centro Universitário São Camilo, Mestre em Educação – Formação de Formadores pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP) e Bolsista de Investigação de Doutoramento em Ciências da Educação no Centro de Investigação em Educação e Psicologia da Universidade de Évora. Integra o Conselho de Avaliação da Universidade de Évora e leciona em cursos de licenciatura na área das Ciências da Educação.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6734-7592>

E-mail: mcoppi@uevora.pt

Isabel Fialho é doutorada em Ciências da Educação pela Universidade de Évora. É docente do Departamento de Pedagogia e Educação e membro integrado do Centro de Investigação em Educação e Psicologia (CIEP-UE). Leciona em cursos de licenciatura, mestrado e doutoramento na área das Ciências da Educação. Tem coordenado estudos de avaliação e participa como perita em programas nacionais do Ministério da Educação: Avaliação Externa das Escolas (desde 2007) e “Territórios Educativos de Intervenção Prioritária” (desde 2015).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1749-9077>

E-mail: ifialho@uevora.pt

Marília Cid é doutorada em Ciências da Educação, professora associada do Departamento de Pedagogia e Educação da Universidade de Évora, e desenvolve atividade docente nos domínios da avaliação educacional, didática das ciências e investigação educacional. É investigadora do Centro de Investigação em Educação e Psicologia da Universidade de Évora, do qual foi diretora entre 2013 e 2019.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6009-0242>

E-mail: mcid@uevora.pt

Disponibilidade dos dados da pesquisa: o conjunto de dados de apoio aos resultados deste estudo está publicado no próprio artigo.

Editor responsável: Luís Henrique Sacchi dos Santos



***CAPÍTULO 4 - DEVELOPING A SCIENTIFIC LITERACY
ASSESSMENT INSTRUMENT FOR PORTUGUESE 3RD CYCLE
STUDENTS***

Article

Developing a Scientific Literacy Assessment Instrument for Portuguese 3rd Cycle Students

Marcelo Coppi , Isabel Fialho  and Marília Cid 

Center for Research in Education and Psychology, University of Évora, 7004-516 Évora, Portugal;
ifialho@uevora.pt (I.F.); mcid@uevora.pt (M.C.)

* Correspondence: mcoppi@uevora.pt

Abstract: Teachers and researchers, in accordance with the main Portuguese curriculum documents in the area of Physical and Natural Sciences, agree that the development of scientific literacy is an integral part of basic education and report that the teaching of these skills is taking place in schools. However, few scientific literacy assessment instruments are available to assess students' proficiency in using these skills. In this article, we describe the design and processes for gathering validity evidence for the development of the Avaliação da Literacia Científica Essencial (ALCE) instrument. The ALCE assesses scientific literacy skills of students at the end of the 3rd cycle of Basic Education, in the cognitive domains of understanding; analysing and evaluating phenomena; problems and everyday situations involving content knowledge and skills developed in the subjects of Natural Sciences and Physical Chemistry. Our validity argument, which includes the gathering of evidence based on the content and internal structure of the instrument and is grounded in the current literature on the validation of assessment instruments, supports the use of the instrument for the assessment of students' scientific literacy level at the end of the 3rd cycle of Basic Education. The ALCE may be a useful tool to identify possible gaps between the teaching objectives and the students' scientific literacy proficiency and reflect on the methodologies, lesson plans and strategies used in the classroom in order to change them to better develop the students' scientific literacy.

Keywords: ALCE; basic education; assessment instrument; learning objectives; validity



Citation: Coppi, M.; Fialho, I.; Cid, M. Developing a Scientific Literacy Assessment Instrument for Portuguese 3rd Cycle Students. *Educ. Sci.* **2023**, *13*, 941. <https://doi.org/10.3390/educsci13090941>

Academic Editor: Randall S. Davies

Received: 27 June 2023

Revised: 24 August 2023

Accepted: 14 September 2023

Published: 16 September 2023



Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

Scientists, science subject teachers and policy makers recognise that developing students' scientific literacy is one of the main goals of science education. However, in the relevant literature, there is no universally accepted definition of scientific literacy among experts in the field, but several characterisations include skills in scientific enquiry, content knowledge and attitudes towards science [1,2].

The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), for example, defines scientific literacy as "the ability to engage with science-related issues, and with the ideas of science, as a reflective citizen. A scientifically literate person is willing to engage in reasoned discourse about science and technology" [3]. For Miller [4], one of the first researchers to propose a definition for the term, scientific literacy encompasses mastering basic scientific concepts and understanding the scientific enterprise and the impact of science and technology on society.

Bybee [5] interprets scientific literacy as "an individual's scientific knowledge and use of that knowledge to identify scientific questions, to explain scientific phenomena, and to draw evidence-based conclusions about science-related issues" (p. 65). DeBoer [1], on the other hand, proposes that we should accept the fact that scientific literacy is a broad concept that comprises several historically significant educational aspects that have changed over time and that it should therefore be perceived as synonymous with the public understanding of science.

Although it is presented as a polysemic term, all definitions of scientific literacy highlight students' competencies in understanding scientific processes and using science knowledge in real everyday situations [1,6–8]. It highlights the fact that understanding and knowledge should be broad and functional for general education rather than preparation for specific scientific and technical careers [1]. Furthermore, the concept of scientific literacy should contain knowledge and skills pertinent to every stage of the life cycle of scientific information, including an understanding of the scientific enterprise and the relationship of the products of science to society, and an understanding of science dissemination processes and their assimilation by the public [9].

In this regard, science educators, in general, express the indispensability of developing new ways of teaching for the development of scientific literacy. These should address the complexity of the consonance between science, as well as its products, and everyday life and apply useful pedagogical practices that empower students for the scientific and technological challenges of society [10–12].

The acquisition of scientific literacy skills has been the focal point of science education in several countries [1,13–15]. Coinciding with this core is the interest in discovering mechanisms and instruments to assess the development of students' scientific literacy skills [16,17].

Up to now, several instruments for assessing scientific literacy have been developed. However, many of them assess individual aspects of scientific literacy and subject-specific competencies and are targeted at secondary and university students [16–19]. It is also evident that a large number of studies are devoid, partially or totally, of the presentation of the validation processes of the assessment instruments [17–19], implying limitations for the use of the research results.

Regarding the 3rd cycle of Basic Education, there are few scientific literacy assessment instruments in the literature developed for this audience or equivalent [16,18]. In the literature review conducted by Coppi et al. [18], the authors showed that, of the 13 instruments that were identified, only 3 were intended for students in this education cycle, hence pointing out the need to develop new instruments for assessing scientific literacy for this school cycle.

In Portugal, the 3rd cycle of Basic Education presents its own particularities that justify the interest for the development of the students' scientific literacy. This, besides providing the acquisition of fundamental knowledge for the continuation of studies in Secondary Education, is marked, for example, by changes in the methodologies and strategies used in class, by the specialisation of content, by the number of scientific subjects and, consequently, by the number of teachers lecturing them.

In the transition from the 2nd cycle to the 3rd cycle, the students stop attending only one subject with specificity for scientific literacy (Natural Sciences), taught by a unique teacher, and start attending two subjects (Natural Sciences and Physical Chemistry), with their own characteristics and specific teachers. Furthermore, the 3rd cycle represents the last cycle in which it is compulsory for students to attend scientific subjects. In Secondary Education, only the students who opt for the Science and Technology course will attend classes of subjects aimed at the development of scientific literacy (Biology and Geology as well as Physics and Chemistry).

It was within the framework of these assumptions that the study presented in this article aimed to describe the development process of the Avaliação da Literacia Científica Essencial (ALCE), as well as the results of its application to students of the 3rd cycle of Portuguese Basic Education. Therefore, we designed the following research questions: (1) How can validity evidence for a scientific literacy assessment tool for students at the end of the 3rd cycle of Basic Education be developed and gathered? (2) Is ALCE able to gather enough validity evidence to enable its results to be used for decision making? (3) What is the scientific literacy level of students at the end of the 3rd cycle of Basic Education? (4) How many students are scientifically literate? (5) How might ALCE be used by teachers?

The ALCE Is an instrument consisting of 34 items in the *true-false-don't know* format, which are contextualized around real-world situations and problems, such as appreciating the importance of fossil records found in rocks for building the geological memory of planet Earth. Briefly, the process of development of the ALCE included the articulation of the scientific literacy skills of the main Portuguese curriculum documents in force until then and a benchmark of scientific literacy skills; the gathering of validity evidence based on content and internal structure of the instrument, through the application of the pilot test; the refinement of the instrument, taking into account the results of the expert and psychometric review processes; and the application of the final version of the instrument to students from several schools in mainland Portugal.

When developing the ALCE, we considered the four scientific domains present in the curriculum of the 3rd cycle of Basic Education (Biology, Geology, Physics and Chemistry). Whenever possible, we tried to assess them in such a way that the students' answers did not depend on exclusive knowledge of the content of the subjects (for example: What is photosynthesis? What is the speed of light? How many years ago did life appear on Earth? What is the atomic number of the chlorine atom?) but instead used the scientific skills developed to solve problems and explain everyday situations.

This decision is based on the definition of scientific literacy adopted by the authors, which refers to the development of scientific-technological competencies necessary for understanding science, explaining natural phenomena and solving daily problems; for actively participating in debates related to scientific issues; and for understanding the use and impacts of their application in society. In this sense, the development of the instrument aimed not only to assess the knowledge of scientific contents but also the use of these contents in real and everyday situations.

Our framework for conceptualising scientific literacy refers back to three dimensions of scientific literacy proposed by Miller [4] (nature of science, content of science and impact of science and technology on society), whose study was a precursor to most research conducted in order to conceptualise and assess it [19].

The dimension of the nature of science (NOS) encompasses the understanding of the scientific enterprise, attending to the assimilation of the processes, phases and products of scientific research [4]. It is assumed that the methods and techniques used in observation, reasoning, experimentation, interpretation, validation and dissemination of the results of a scientific study, in addition to characterising it as scientific knowledge, differentiate it from other types of knowledge [19,20].

Over the last decades, the nature of science has been widely adopted as a central element for the development of scientific literacy [21–23], characterized as a critical component for its development [24]. For Khishfe [24], the teaching of NOS skills can be carried out in three different contexts: history of science, scientific inquiry, and socioscientific issues. McComas and Clough [22], on their part, state that the nature of science “addresses issues such as what is science, how science works (including issues of epistemology and ontology), how science impacts and is impacted by society, and what scientists are like in their professional and personal lives” (p. 5).

However, Höttecke and Allchin [21] foresee two challenges in teaching competencies related to the nature of science: the teaching of NOS in the classroom is usually reduced to a restricted list of descriptive principles about science; most current approaches to the nature of science focus strictly on issues internal to science only, disregarding external factors such as funding, public understanding of science, and the impacts of scientific knowledge on the economy, ethics, environmental sustainability, politics, and other aspects of culture. These facts make the inclusion of items related to the nature of science in ALCE even more important.

The content of science dimension (CS), on the other hand, comprises the acquisition and understanding of an elementary scientific vocabulary, basic scientific terms and expressions and minimum scientific content [4]. These competencies are fundamental for dealing with everyday situations and problems and for participating in public discussion of issues

related to science and technology. Miller [4] states, for example, that “the individual who does not comprehend basic terms like atom, molecule, cell, gravity, or radiation will find it nearly impossible to follow the public discussion of scientific results or public policy issues pertaining to science and technology” (pp. 38–39).

Finally, the dimension of the impact of science and technology on society (ISTS) is related to the understanding of the increasing presence and influence of these two areas in everyday life and in public policy discussions. Miller [4] emphasizes the discernment of the positive and negative impacts of the use of the products of scientific-technological knowledge as well as the awareness of how public policies may compromise and affect the conduct of the employment of science and technology in society. The author stated that in the United States, already in the 1980s, science became

[...] increasingly dependent upon public support, and as public regulation reaches deeper into the conduct of organized science, the frequency and importance of science policy issues on the national agenda will undoubtedly increase. Slightly over half the bills introduced in Congress involve science or technology in some degree, 25 and the establishment of the standing Committee on Science and Technology in the House of Representatives attests to the importance of scientific and technological issues in the national political system.

(p. 40)

It is important to note that the ALCE was not developed to be used as a large-scale assessment instrument but as a tool to collaborate with teachers’ work. In this sense, we restricted our framing of the ALCE to these three dimensions to what we felt could be assessed in 3rd cycle Basic Education students, in order to provide information capable of assisting teachers in their decision making regarding their lesson plans, methodology and assessment.

We have omitted other dimensions from our framework, such as motivation and belief [16], not because we undervalue their components, but because we believe that they would require an instrument with a different type of configuration, items and benchmarks. Therefore, we acknowledge that our conceptualisation framework of scientific literacy is limited to the dimensions that we believe could be adequately assessed using the instrument we developed.

2. Instrument Development (ALCE)

2.1. Process Overview: Validity

Obtaining the validity of the ALCE was an important part of the instrument development process. Validity is arguably the most important property for ensuring assessment quality [25–29]. Russel and Airasian [29], for example, state that “the single most important characteristic of good assessment is its ability to help the teacher make appropriate decisions. This characteristic is called validity” (p. 26).

Traditionally, the concept of validity corresponds to the capacity of an instrument to measure what it was designed to measure, through three types of validity: content, construct and criterion validity [28,30–32]. However, our approach to developing the ALCE was grounded in a more recent unitary concept in the literature, proposed in the Standards for Educational and Psychological Testing [33], in which validity corresponds to “the degree to which evidence and theory support the interpretations of test scores for proposed uses of tests” (p. 11).

From this perspective, the types of validity that existed up to then are now accepted as five types of validity evidence, capable of supporting the argument for the use of the results of an assessment instrument, namely evidence based on test content; evidence based on response processes; evidence based on internal structure; evidence based on relations to other variables and evidence based on consequences of tests [32,33].

Therefore, we state that, for the development of the ALCE, we used several means to determine the validity of the instrument, focusing on the gathering of evidence based on the

content and internal structure of the instrument. Validity evidence based on content may include logical or empirical analyses of the appropriateness of the instrument in relation to the domain of the content addressed, the relevance of this domain for the interpretation of the assessment results, and also expert analysis regarding the correspondence between the items and the content addressed, the wording of the statements and the degree to which the items are demanding, for example [28,33]. Validity evidence based on internal structure, on the other hand, results from the statistical analysis of items and scores in order to investigate the primary and, if any, secondary dimensions assessed using an assessment instrument [34,35].

2.2. Gathering Validity Evidence Based on Test Content

Throughout the process of gathering validity evidence based on test content for the development of the ALCE [36], we drew on the stages proposed by Pasquali [37], presented in Table 1.

Table 1. Stages in the ALCE validity evidence based on test content gathering process.

Stages	Designation
1	Definition of the cognitive domains
2	Definition of the scope of the content
3	Definition of the representativeness of the content
4	Drawing up the specification table
5	Construction of the instrument
6	Theoretical analysis of the items
7	Empirical analysis of the items

Source: elaborated by the authors.

2.2.1. Definition of the Cognitive Domains

We began the first stage by identifying and defining the cognitive domains that it was intended to assess. Cognitive domains or processes are defined as strategies through which knowledge is acquired, assimilated or used to solve problems and, thus, we used the following domains presented in Bloom's updated Taxonomy [38]: understand, which implies constructing meaning from instructional messages; analyse, which presupposes breaking down the content and determining the relationship of each part to the perception of the whole; and evaluate, which expresses the ability to establish a value judgement and make decisions based on criteria and standards.

The determination of the cognitive domains that make up the ALCE was based on the definition of scientific literacy that was established on the basis of the concepts previously discussed, which corresponds to the

[...] understanding of the scientific enterprise and the conscious use of scientific and technological knowledge to solve problems, explain natural phenomena of everyday life and to participate actively in debates on scientific issues involving society, enabling the individual to act as a citizen.

([36], p. 104)

2.2.2. Definition of the Scope of the Content

For the second stage of the process of gathering validity evidence, we delimited the content to be assessed using the ALCE, given that the items of the instrument are capable of reproducing only a representative sample of the content [35]. Considering the Portuguese context, we selected the four main curriculum documents of the area of Physical and Natural Sciences of the 3rd cycle of Basic Education, then in force: Curricular Guidelines for the 3rd cycle of Basic Education—Physical and Natural Sciences [39]; Essential Apprenticeships of Natural Sciences [40–42]; Essential Apprenticeships of Physical-Chemistry [43–45]; and Profile of Students Leaving Compulsory Schooling (PASEO) [46].

The option of including the Curricular Guidelines for the 3rd cycle of Basic Education in the universe of the content to be assessed is justified by the fact that this document specifies scientific literacy as the main objective of science teaching in the 3rd cycle of Basic Education and defines the competencies that should be developed by students by the end of this cycle [39]. Using the contents of this document allowed us to assess the scientific literacy skills established by the Portuguese Ministry of Education.

In the case of the Essential Learnings of Natural Sciences and of Physical Chemistry, we reasoned our choice on the fact that these are guiding documents for both subjects, corresponding to a set of fundamental knowledge, skills and attitudes for students [40–45]. Supported by the Essential Learnings, the ALCE provides the assessment of substantial and essential content for the development of scientific literacy.

The decision to integrate PASEO in the scope of ALCE's contents was sustained by the fact that it is a "reference document for the organisation of the whole education system, contributing to the convergence and articulation of decisions inherent to the various dimensions of curriculum development" ([46], p. 8). Although it does not consist of contents per se, PASEO determines areas of competencies, understood as the confluence of knowledge, skills and attitudes, for the development of different literacies, including scientific literacy [46]. Thus, relying on this curriculum document made it possible to establish a concordance between the chosen cognitive domains and the essential skills to be developed in students throughout compulsory education.

In addition to these four curriculum documents chosen for the definition of the scope of the content, we considered it necessary to delimit the content based on scientific literacy guidelines already existing in the literature, since these encompass a vast amount of content and skills. We therefore chose to select the Benchmarks for Science Literacy (BFSL) [47], which correspond to the second product of Project 2061, from Science For All Americans (SFAA) [20], responsible for reformulating previously published science literacy objectives. This choice was based on the fact that these guidelines are supported by the dimensions of scientific literacy proposed in Miller's [4] study, which has provided the basis for several studies in the United States, the United Kingdom, the European Community, China, Canada and Japan [19] and also for the development of the instrument presented in this study.

Having identified the curriculum documents, we performed a documental analysis, in three phases, in order to select the content. The first phase consisted of listing all the contents and skills related to the area of Physical and Natural Sciences in each document. In the second stage, in order to verify the correspondence between them, we made the comparison across documents, selecting only the contents and skills of the Curricular Guidelines and the Essential Learnings that presented some correlation with the BFSL. For example, the contents and skills related to the theme "ecology" of the two curriculum documents were associated with the contents that addressed the same theme in the BFSL. The contents and skills that were not related to documents were not included in the items of the pilot instrument. The third and final stage consisted of the elimination of similar contents and skills, whose selection criterion took into account the PASEO competencies. This step was of great importance for the process of item development, as the presence of similar content and skills could generate equivalence between items so that one item could serve as a clue to the answer of another, which is not desired for an assessment instrument such as this.

By the end of this stage, we selected 60 contents and skills for the pilot test, 10 from the Curricular Guidelines for Physical and Natural Sciences and 50 from the Essential Learnings in Natural Sciences and Physical-Chemistry, of which 17 were for grade 7, 17 for grade 8 and 16 for grade 9.

2.2.3. Definition of the Representativeness of the Content

The representativeness of the content is characterised by the proportion with which each content or skill is reflected in the instrument [37]. In this sense, the 60 selected contents and skills were represented in 64 items. We emphasize that two skills of the Curricular

Guidelines and two of the 8th grade Essential Learnings were used in the development of more than one item because they presented correspondence with more than one content of the BSFL.

Given the three dimensions of scientific literacy proposed by Miller [4], we distributed the representativeness of the ALCE content as follows: six items for the NOS dimension, seven for the ISTS dimension and 51 for the CS dimension. We detail the distribution of items for this last dimension in Table 2.

Table 2. Representativeness of the content of the CS dimension.

Content	No. of Items	Content	No. of Items	Content	No. of Items
Environmental change	3	Atoms and chemical elements	3	Force, gravity and motion	2
Universe and solar system	3	Substances and Mixtures	2	Ecology	4
Internal geodynamics	4	Chemical reactions	2	Evolution	1
External geodynamics	4	Energy	4	Cells	2
Temperature and physical state changes of matter	3	Waves	3	Physiology	11

Source: elaborated by the authors.

2.2.4. Drawing up the Specification Table

The initial specification table of the ALCE (Table 3) connects the dimensions of scientific literacy and the cognitive domains, indicating the number of items for each of them. As can be seen, of the 64 items, 26 belong to the cognitive domain of evaluate, 21 to understand and 17 to analyse.

Table 3. ALCE initial specification table.

Scientific Literacy Dimension	Cognitive Domain			Total
	Understand	Analyse	Evaluate	
Nature of science (NOS)	4	1	1	6
Impact of science and technology on society (ISTS)	2	1	4	7
Content of science (CS)	15	15	21	51
Total	21	17	26	64

Source: elaborated by the authors.

2.2.5. Construction of the Instrument

The construction of the instrument basically included the development of the items [35]. Therefore, this process involved making a decision about the format of the items, the technical guidelines and the configuration of the statements. We chose to use an adapted version of the true-false format, the *true-false-don't know*, with the purpose of reducing students' guesswork [48]. As technical guidelines, we used those proposed by [49], with detailed instructions for the elaboration of objective items, and by Ebel and Frisbie [48], specific for true-false items.

As for the configuration of the statements, we decided to use interpretative items, in which "students have to interpret, comprehend, analyze, apply, or synthesize the information presented" ([29], p. 146), as they meet the objectives of this instrument. We presented the information in text form, in which the statement is composed of one or more sentences highlighted in italics, accompanied by a statement, without highlighting, which should be answered as true or false, as shown in the example below:

Imagine that an ice cube was left on top of the laboratory bench at an ambient temperature of 25 °C. After a few minutes it was noticed that there was water on the spot. The physical explanation for this phenomenon is that the ice received heat from the environment, causing its molecules to move more freely, changing to a liquid state.

2.2.6. Theoretical Analysis of the Items

Considering the lack of a specific test for the theoretical analysis of the items, we performed a qualitative approach followed by a quantitative one [50]. In the qualitative approach, the items were submitted to a panel of experts in order to evaluate the correspondence between the item and the curriculum documents; the accuracy of the statements; the presence of ambiguities; the appropriateness of the language and vocabulary for the target audience; and the relevance of the item for scientific literacy. The panel was composed of four Elementary and/or Secondary School teachers, two of whom were in Natural Sciences and two in Physical Chemistry, and six Higher Education teachers, two of whom were in Educational Sciences, one in Biology, one in Geology, one in Physics and one in Chemistry.

As for the quantitative approach, we used the Content Validity Index (CVI), which “measures the proportion or percentage of judges who agree on certain aspects of the instrument and its items” ([50], p. 3065), in the relevance of the item for scientific literacy. We chose to eliminate the items that presented CVI lower than 0.8, which reduced the number of ALCE items to 35 (Table 4).

Table 4. Pilot instrument specification table.

Content Dimension	Cognitive Domain			Total
	Understand	Analyse	Evaluate	
Nature of science (NOS)	4	1	1	6
Impact of science and technology on society (ISTS)	1	1	4	6
Content of science (CS)	5	9	9	23
Total	10	11	14	35

2.2.7. Empirical Analysis of the Items

The empirical analysis was performed using data from the pilot test, which was answered by 176 students in the 10th grade from eight schools in the southern region of mainland Portugal, at the beginning of the 2020/2021 school year. As a result of the quarantine due to COVID-19 and with the purpose of reaching the largest number of schools, obtaining as many answers as possible, the pilot test was answered in an online format, through the LimeSurvey software, in the classroom and in the presence of the teachers, who presented the study procedures to the students, administered and monitored the application of the instrument. All consent procedures and interactions with the study subjects were previously authorised by the Directorate-General for Innovation and Curricular Development (DGICD), Monitoring of Surveys in the School Environment (MIME), under registration no. 0740900001. The maximum response time was 50 min. It is worth mentioning that the students did not receive any special preparation in scientific literacy besides the approach performed in the science subjects’ classes.

Traditionally, in the empirical analysis of the items, psychometrics analyzes the indices of difficulty and discrimination of the items and the rate of guessing at random [35]. However, our study analysed only the difficulty parameter of the items, since guessing was minimised by the answer option *don’t know* and the discrimination parameter, whose aim is to analyse the ability of an item to “differentiate subjects with different magnitudes of trait of which the item constitutes the behavioural representation” ([35], p. 139), is more important for large-scale tests and not for pedagogical assessments [51], as is the case of ALCE, which purpose is to provide information to teachers, in order for them to reflect on the students’ performance regarding the contents that are being assessed.

To calculate the index of difficulty, we used the two-parameter logistic model of Item Response Theory (IRT), model that best fit the data according to the analysis of variance performed ($p < 0.5$), through the software RStudio, in its version 3.6.0. We justify the choice for IRT by the fact that it analyzes the items individually, without the total scores of the

test directly influence the analysis [52–54]. As a criterion for classifying the difficulty index of the items, we used the categorization proposed by Ferreira [55], which was based on Baker's [53] categories (Table 5).

Table 5. Range of values of the levels of difficulty of the items.

Level	Range of Values
Very easy	≤ -1.28
Easy	$-1.27--0.52$
Medium	$-0.51-0.51$
Difficult	$0.52-1.27$
Very difficult	≥ 1.28

Source: Elaborated by the authors.

After applying the pilot test, we observed that the level of difficulty of the items of the instrument was distributed as follows: seven very easy items; six easy items; ten medium items; four difficult items; and eight very difficult items. The distribution of the difficulty level of each subtest and of the instrument is presented in Table 6. Table 7 identifies the index and the difficulty level of each item of the pilot instrument.

Table 6. Number and percentage of items of each subtest and the pilot instrument by difficulty level.

	NOS	ISTS	CS	ALCE (Pilot)
	No. of Items (%)	No. of Items (%)	No. of Items (%)	No. of Items (%)
Very easy	3 (50)	2 (33)	2 (9)	7 (20)
Easy	0 (0)	1 (17)	5 (22)	6 (17)
Medium	2 (33)	2 (33)	6 (26)	10 (29)
Difficult	1 (17)	0 (0)	3 (13)	4 (11)
Very difficult	0 (0)	1 (17)	7 (30)	8 (23)

Source: Elaborated by the authors.

Table 7. Indexes and levels of difficulty of the items of the pilot instrument.

NOS			CS		
Item	Index (b)	Level	Item	Index (b)	Level
1	0.81	D	17	−2.01	VE
2	−1.83	VE	18	−2.88	VE
3	−2.17	VE	19	0.27	M
4	−4.01	VE	20	−0.41	M
5	−0.45	M	21	4.88	VD
6	−0.11	M	22	0.72	D
			23	3.91	VD
			24	5.45	VD
	ISTS		25	−0.76	E
7	−1.29	VE	26	1.08	D
8	0.06	M	27	9.66	VD
9	−1.45	VE	28	−0.56	E
10	−0.47	M	29	1.77	VD
11	4.11	VD	30	−0.17	M
12	−1.23	E	31	2.52	VD
			32	1.20	D
	CS		33	−0.73	E
13	−0.96	E	34	−0.25	M
14	−0.52	E	35	−0.43	M
15	0.28	M			
16	1.58	VD			

Note: VE = very easy; E = easy; M = medium; D = difficult; VD = very difficult. Source: Elaborated by the authors.

Analysing the results of the pilot test as a whole, it can be seen that the level of difficulty of the items is distributed approximately homogeneously, with the exception of the number of difficult items, which is slightly below the other levels. Calculating the average difficulty level of each subtest and the instrument, we identify the subtest of the NOS as easy and the subtests of the ISTS, the CS and the instrument as medium.

However, the analysis by subtest reveals the heterogeneity across subtests, given that the NOS subtest has the highest percentage of very easy items, and the CS subtest has the highest percentage of very difficult items. Therefore, the analysis performed pointed out the need to revise these items and the possible elimination of those that do not present good technical quality.

2.3. *Gathering Validity Evidence Based on Internal Structure*

The data gathered in the pilot test were also used to collect validity evidence based on internal structure of the ALCE. In accordance with what is established by the Standards [33], the types of analysis applied in this study were in accordance with the use for which this instrument is being proposed, which can be summarised as a pedagogical assessment aimed at providing information to teachers about the students' performance in scientific literacy, so that they have data to enable them to reflect on their practice and modify it in order for students to finish the 3rd cycle of Basic Education and be able to use the knowledge and skills acquired to solve and explain everyday problems.

As well as in the gathering of evidence based on content, we used Pasquali's [37] framework to gather validity evidence based on internal structure. According to the author, these can be designed, for example, by analysing the behavioural representation of the construct, the analysis by hypothesis or the IRT information function.

In the present study, we chose to use the IRT information function. We justify our choice due to the fact that the IRT information function, as a strategy for gathering validity evidence based on internal structure, presents itself as an index of instrument accuracy [34, 54, 56, 57], capable of assessing the strength or salience of the primary aspects underlying an assessment, which is linked to the validity of internal consistency [34].

The IRT information function can be expressed through the information curve, a graphical representation that reveals for which range or ranges of proficiency levels, or latent trait, the instrument is particularly valid and for which is not [57]. The information function can also be represented by means of the standard error of measurement, called standard error of estimation in IRT, which is characterised by the inverse of the information curve of the test and allows the analysis of the accuracy of the assessment instrument [57–59].

Consequently, we resorted to the software RStudio, in its version 3.6.0, to perform the information function analysis of the subtests. We used the same resource to analyse the students' proficiency level (θ) and the Kernel density estimate, which analyses the density of students as a function of θ .

The analysis of the subtest information function was designed through the (sub)test information curves (TIC) and the calculation of the amount of total information available in each subtest. According to Reeve and Fayers [60] and Baker and Kim [58], the TIC is influenced by the difficulty and discrimination parameters of the items. While the difficulty index influences the location of the information curve on the horizontal axis of θ , the discrimination index acts on the vertical axis, the height of the curve [58, 60]. The wider the curve, the greater the amount of θ levels covered by the test information. The higher the curve, the greater the amount of information for that specific θ .

For Baker and Kim [58], the ideal information function should be a horizontal straight line over the widest possible area, which would reveal that all information includes as much θ as possible. However, such a situation is very unlikely to occur and consequently, "test information function should be rounded in appearance over the ability range of most interest" ([58], p. 163). The results of this analysis showed that the highest amount of information and, consequently, highest accuracy and lowest standard error of estimation in

the NOS and ISTS subtests come from the range of θ between -1 and 1 . In the CS subtest, this range lies from -3.0 to 1.0 on the scale of θ (Figure 1).

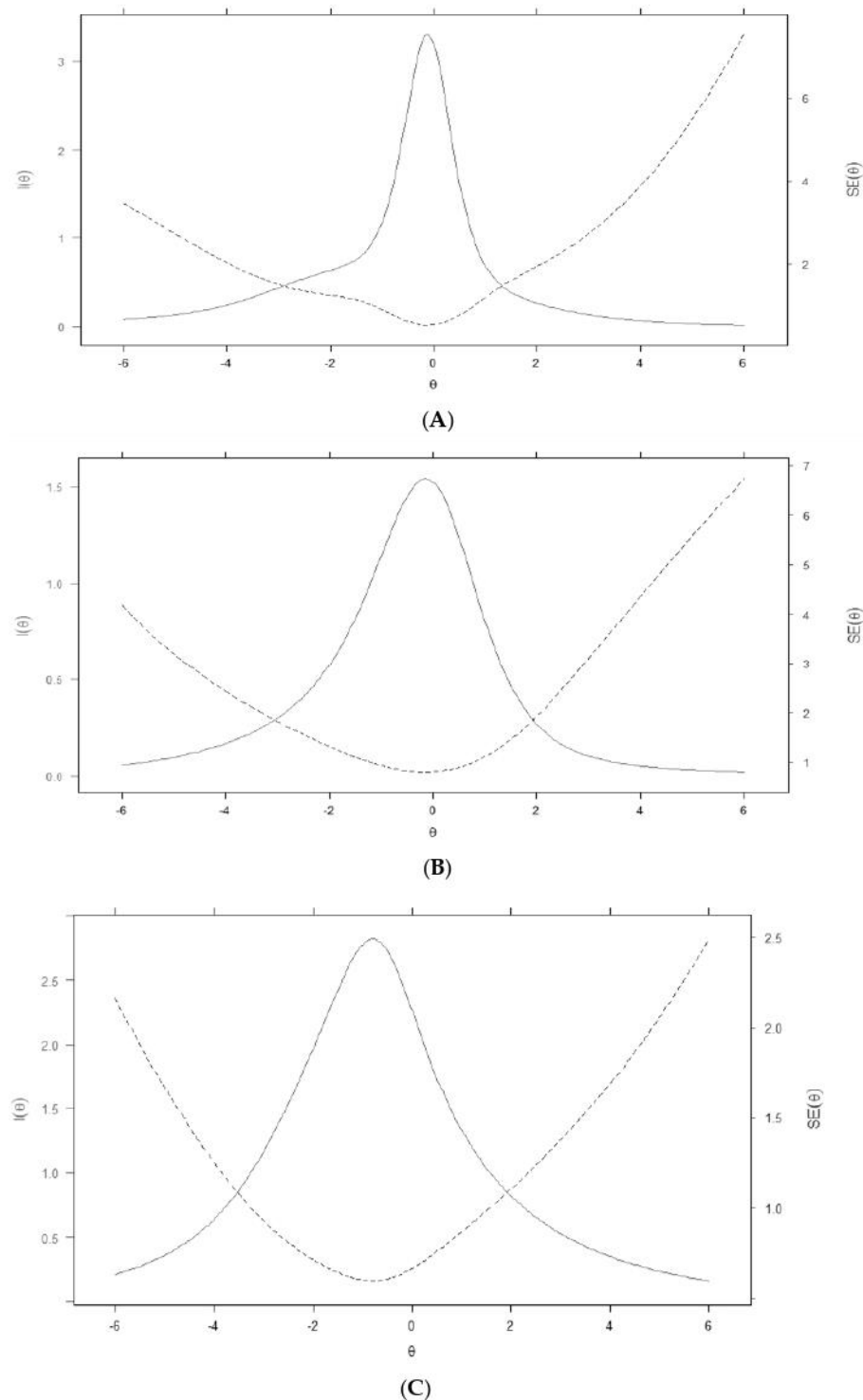


Figure 1. Test information curve and standard error of measurement per subtest of the pilot instrument. Notes: (A) NOS subtest; (B) ISTS subtest; (C) CS subtest; $I(\theta)$ = amount of subtest information; θ = proficiency scale; $SE(\theta)$ = standard error; Continuous line (—) = $I(\theta)$; and Dashed line (---) = $SE(\theta)$. Source: elaborated by the authors.

Analysis of the total amount of information for each subtest indicated that the subtests of the NOS, the ISTS and the CS produce 7.11, 5.27 and 13.40 of information, respectively

(Table 8). Considering the typical proficiency range, θ between -3 and 3 (Baker and Kim, 2017), the amount of information was 6.11 for the NOS subtest, 4.54 for the ISTS subtest and 10.09 for the CS subtest.

Table 8. Amount of information from each subtest, the pilot test.

Subtest	No. of Items	Total Amount of Information	Amount of Information (%) in the Range of θ from -3 to 3
NOS	6	7.11	6.11 (86.04%)
ISTS	6	5.27	4.54 (86.20%)
CS	23	13.40	10.09 (75.28%)

Source: elaborated by the authors.

The results of the level of θ of the students evidenced that the average θ of the students in the three subtests is located in the value zero, in the centre of the proficiency scale (Table 9). Kernel density estimation analysis, on the other hand, revealed that most of the students are concentrated in the range of θ between -1 and 1 (Figure 2).

Table 9. Average level of θ of students per subtest of the pilot instrument.

	θ		
	NOS	ISTS	CS
M	0.00	0.00	0.00
SD	0.78	0.72	0.79
Maximum	1.06	1.05	2.03
Minimum	-1.70	-1.48	-2.36

Note. θ = students' proficiency; M = mean; and SD = standard deviation. Source: elaborated by the authors.

Comparing the results of the three analyses (information function, level of θ of the students and the Kernel density estimate), we found that, in the case of the NC and ICTS subtests, the vertex of the information and density curves correspond to the interval where the average level of θ presented by the students is located, zero. In the subtest of the CS, we find a small difference because, while most of the information is located in the interval between -3 and 1 on the ability scale, the average θ of the students is equal to zero, and the highest density is also close to θ and equal to zero. Therefore, we infer that the items of the NOS and ISTS subtests were the ones that obtained the highest accuracy and best capability to assess the students' scientific literacy skills and that the items of the CC subtest, despite being a little less accurate, are still capable of assessing them and gathering valid information about the students' scientific literacy.

Moreover, analysing the amount of information of each subtest, which depends, in part, on the number of items that compose them [58,61], we found that the CS subtest—which has almost four times the number of items of the other subtests—is the one with the highest amount of information. When analysed only the typical range of θ for normal tests (between -3 and 3) [58], all subtests are able to provide above 75% of the total information of the test.

Likely, the difference in the results of the items of the subtest of the CS is associated with the difficulty index of the items that compose it, since it should be located around the midpoint of the θ range of interest [58]. As shown in the gathering of validity evidence based on content, 43% of the items classified as difficult or very difficult belong to the subtest of the CS, contrasting with the 17% of the subtests of the NOS and the ISTS.

Hence, the collections of validity evidence based on content and internal structure of the ALCE pilot test application partially support the use of the results of the items of the three subtests for the assessment of students' scientific literacy. However, we acknowledge that the items classified as very easy and very difficult should be revised in order to better fit the characteristics of the assessed sample.

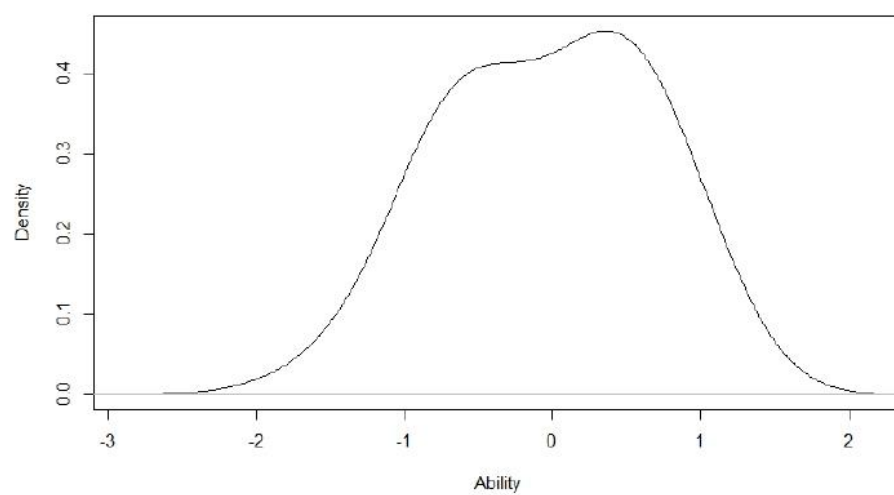
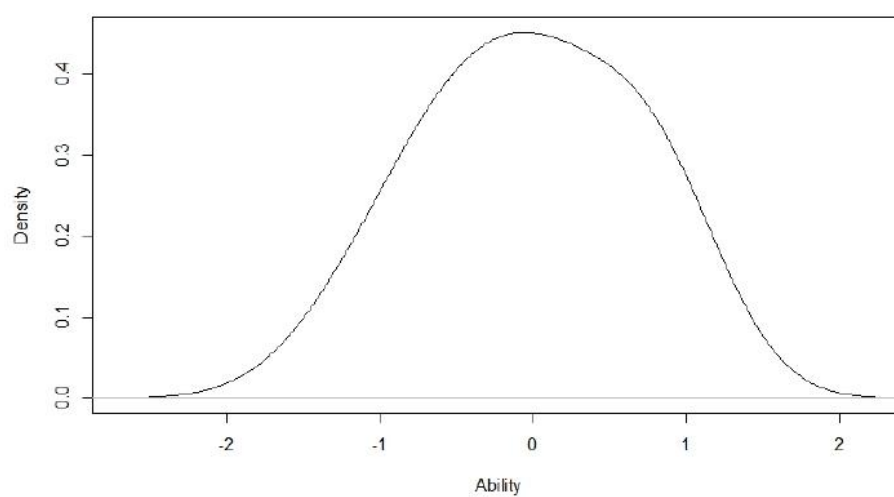
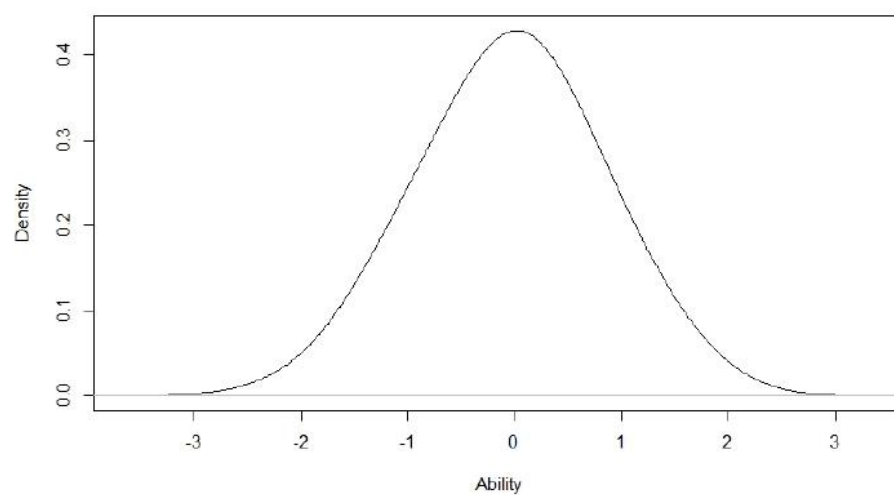
**(A)****(B)****(C)**

Figure 2. Kernel density estimation according to the students' θ in each subtest of the pilot instrument. Notes: (A) Subtest of the NOS; (B) subtest of the ISTS; and (C) subtest of the CS. Source: elaborated by the authors.

2.4. Review of the Items after the Pilot Test

Aiming to develop an instrument to be used by teachers to assess the scientific literacy level of students at the end of the 3rd cycle of Basic Education, the items of the ALCE needed to present a difficulty level minimally consistent with the level of θ of the students. Thus, all items with difficulty index higher than 0.75 (items 1, 11, 16, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 31 and 32) were forwarded to the panel of experts (on this occasion, only for the four teachers of the 3rd cycle of Basic Education and/or Secondary Education, given that they are the experts who are in daily contact with the students), who answered the following questions: (1) In your opinion, why did the students feel difficulty on this item? (2) Taking into account that the instrument intends to assess scientific literacy, would you eliminate this item? (3) What changes would you suggest to decrease the difficulty of this item?

The experts' feedback was essential to ensure that the items collected valid and appropriate information about the students' level of scientific literacy. We used the comments and answers to the three questions to make changes to the level of comprehension, relevance and readability of the items and to determine whether those items should be excluded from the final version of the instrument.

We also made minor changes to the items that raised greater doubts on the part of the students (items 2, 5, 7, 8, 10, 15, 16, 30, 34 and 35). We collected this information through a statement item added at the end of the set of items of each subtest of the pilot instrument, which asked students whether any item raised doubts of content, vocabulary, or other nature, for which students should indicate the item number and their respective doubt. The information collected allowed us to change words and expressions that raised doubts in students and may have interfered with their answers to the items.

Finally, we reviewed the items with difficulty level below -0.75 (items 2, 3, 4, 7, 9, 12, 13, 17, 18 and 25) in order to identify possible answer facilitators. We changed the configuration or the words used of the items 2 and 7. We found no problems with the remaining items, for which we understand that the ease of the item is due to the fact that students mastered their respective contents and skills.

This set of revisions, which guided the development of the final instrument, made it possible to identify and solve failures in 21 items and eliminate 1 item from the CS subtest, more specifically from the area of Chemistry. As a result, the final version of the ALCE consists of 34 items, according to the specification table presented in Table 10.

Table 10. ALCE specification table by dimension of the content/cognitive domain.

Content Dimension	Cognitive Domain			Total
	Understand	Analyse	Evaluate	
Nature of science (NOS)	4	1	1	6
Impact of science and technology on society (ISTS)	1	1	4	6
Content of science (CS)	5	8	9	22
Total	10	10	14	34

Source: elaborated by the authors.

2.5. Application of the ALCE

The ALCE final application took place in the period from April to June 2022, at the end of the 2021/2022 school year. The test was answered by 516 students in the 9th grade from 20 public schools in mainland Portugal, of which 259 (50.2%) were male and 257 (49.8%) were female. The average age of the respondents was 14.69 years ($SD = 0.88$).

The same statistical method used to gather validity evidence for the pilot test, the IRT two-parameter logistic model, was employed to gather such information from the final version of the ALCE. For the gathering of validity evidence based on test content, we conducted once again the empirical analysis of the items and, for the gathering of evidence of validity based on internal structure, we resorted to the analyses of the information function, students' level of θ and Kernel density estimation.

The results of the empirical analysis of the ALCE items identified the following distribution of the level of difficulty of the items: five very easy; eight easy; seven medium; six difficult; and eight very difficult. The distribution of the difficulty level of each subtest and of the instrument is presented in Table 11, while Table 12 exposes the index and the difficulty level of each item of the ALCE.

Table 11. Number and percentage of items of each subtest and of the ALCE by difficulty level.

Level	NOS	ISTS	CS	ALCE
	No. of Items (%)	No. of Items (%)	No. of Items (%)	No. of Items (%)
Very easy	2 (33)	1 (17)	2 (9)	5 (14)
Easy	1 (17)	3 (50)	4 (17)	8 (23)
Medium	2 (33)	0 (0)	5 (22)	7 (20)
Difficult	1 (17)	2 (33)	3 (13)	6 (17)
Very difficult	0 (0)	0 (0)	8 (35)	8 (23)

Source: elaborated by the authors.

Table 12. Indexes and levels of difficulty of the items of the ALCE.

NOS			CS		
Item	Index (b)	Level	Item	Index (b)	Level
1	0.96	D	16	1.23	D
2	−0.91	E	17	−1.42	VE
3	−1.50	VE	18	−2.00	VE
4	−1.31	VE	19	−0.14	M
5	−0.03	M	20	5.78	VD
6	−0.40	M	21	1.10	D
			22	7.19	VD
			23	7.06	VD
7	−1.15	E	24	−0.52	E
8	0.58	D	25	2.76	VD
9	−1.65	VE	26	4.24	VD
10	−0.94	E	27	−0.17	M
11	0.58	D	28	1.80	VD
12	−0.79	E	29	−0.42	M
			30	1.57	VD
			31	5.11	VD
13	−0.80	E	32	−0.80	E
14	−0.59	E	33	0.29	M
15	0.57	D	34	−0.14	M

Note: VE = very easy; E = easy; M = medium; D = difficult; VD = very difficult. Source: elaborated by the authors.

We noticed a slight increase in the homogeneity in the distribution of the level of difficulty of the items. However, we found that while the average difficulty level of the subtests of the NOS and the ISTS remained, easy and medium, respectively, the average difficulty level of the subtest of the CS, which came to include all items classified as very difficult, rose to the difficult level.

In a qualitative analysis of the eight items that obtained a very difficult classification, we found that five of them belong to the subject of Physical Chemistry (items 20, 22, 23, 28, 30 and 31) and three to the subject of Natural Sciences (items 28, 30 and 31). Of these, three are in the cognitive domain of understanding (22, 23 and 31), two in the domain of analysis (23 and 25) and three in the cognitive domain of evaluation (20, 26 and 28). This fact is consistent with the results of Portuguese students in the 2019 Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS) assessment, which found that, despite demonstrating some knowledge in the areas of Biology and Physics, few students are able to apply the knowledge and skills of Biology, Chemistry, Physics and Earth Sciences

and characterize the concepts of such areas in a contextual plurality [62]. They also are compatible with the results presented in the last report of the Programme for International Student Assessment (PISA) of Portugal, which revealed that the vast majority of students did not achieve the proficiency level in which they have to “apply their knowledge of and about science autonomously and creatively to a wide variety of situations, even the less familiar ones” ([63], p. vii).

Regarding the analysis of the information function of the final version of the ALCE, we observed a slight flattening of the curves of the three subtests when compared to those of the pilot test, increasing the amount of information in the θ of the extremities (Figure 3). In the NOS subtest, for example, the highest amount of information and accuracy and the lowest standard error were now in the range of θ between -1.5 and 1.5 . In the ISTS subtest, the largest amount of information remained in the interval between -1 and 1 , but there was an increase in the amount of information at the extremities. Finally, in the CS subtest, the interval with more information became between θ of -3 and 2 .

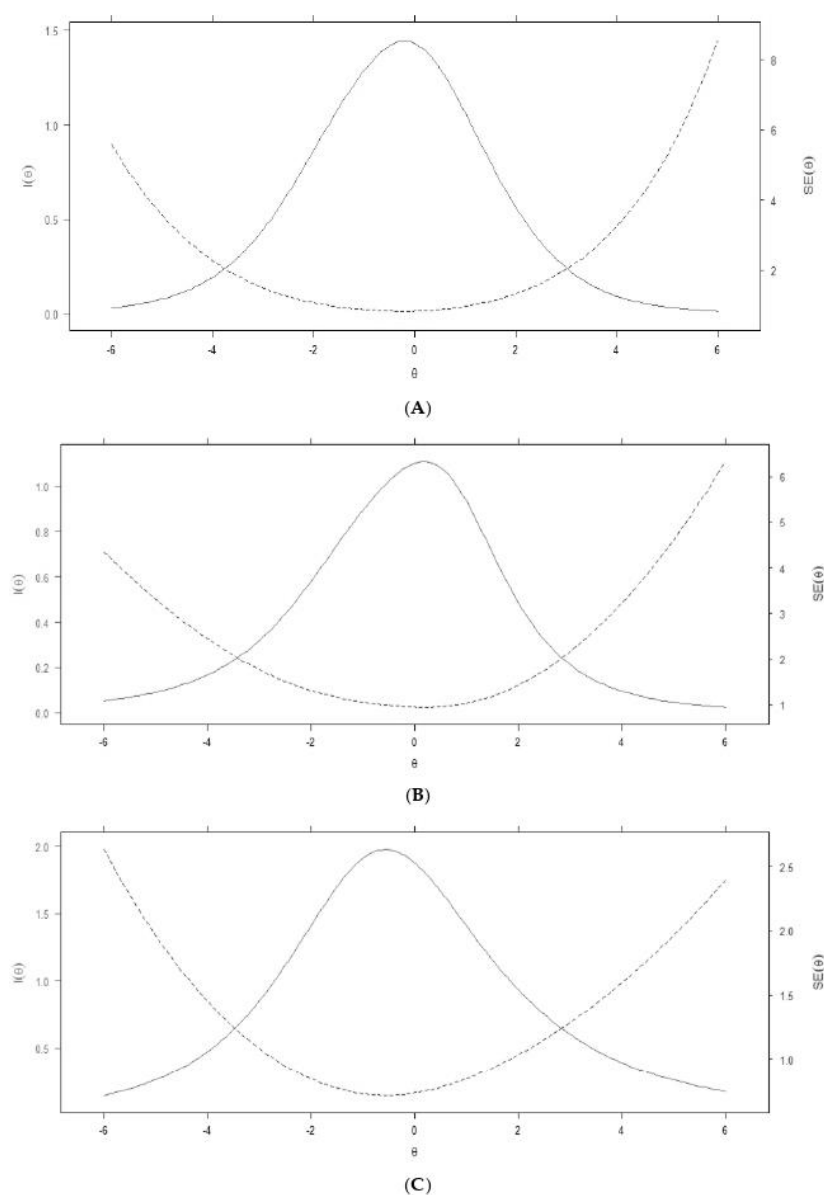


Figure 3. Test information curve and standard error of measurement per subtest of the ALCE. Notes: (A) NOS subtest; (B) ISTS subtest; (C) CS subtest; $I(\theta)$ = amount of subtest information; θ = proficiency scale; $SE(\theta)$ = standard error; Continuous line (—) = $I(\theta)$; Dashed line (---) = $SE(\theta)$. Source: Elaborated by the authors.

This slight flattening in the curves is confirmed by analysing the total amount of information from the ALCE subtests. The results indicated that the subtests of the NOS, the ISTS and the CS produce 6.38, 5.11 and 11.17 of information, respectively (Table 13). Considering the typical proficiency range, θ between -3 and 3 [58], the amount of information was 5.60 for the NOS subtest, 4.30 for the ISTS subtest and 8.33 for the CS subtest.

Table 13. Amount of information from each subtest of the ALCE.

Subtest	No. of Items	Total Amount of Information	Amount of Information (%) in the Range of θ from -3 to 3
NOS	6	6.38	5.60 (87.81%)
ISTS	6	5.11	4.30 (84.06%)
CS	22	11.17	8.33 (74.60%)

Source: elaborated by the authors.

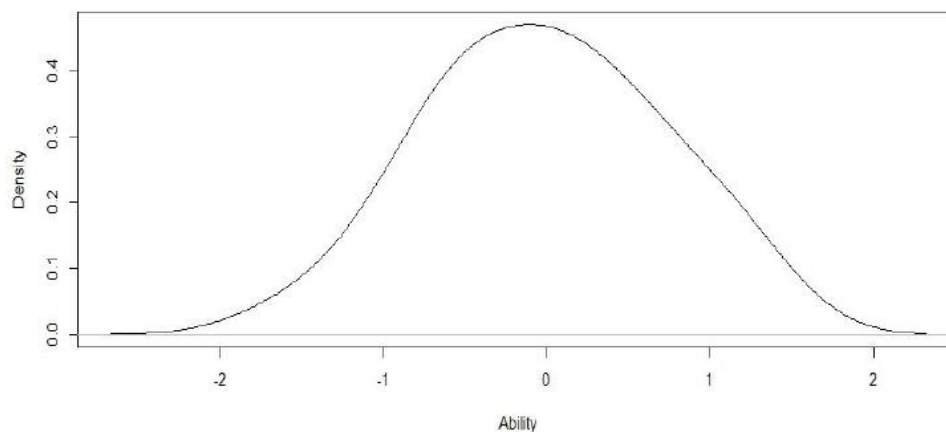
Therefore, a small decrease in the amount of information in the three subtests can be observed, being the ISTS the one that obtained the slightest reduction. This was also the subtest that presented the greatest observable difference in the information curve. While in the pilot test the peak of the curve was located in the negative part of the θ scale, in the final application it was located in the positive part. This result may be associated with the better adequacy of the difficulty index of the items of this subtest to the level of θ of the students [58].

Regarding the level of θ of the students and the Kernel density estimate, the results of the final ALCE application resemble those of the pilot test. The average level of θ of the students in the three subtests was located at the value zero (Table 14), and most of the students concentrated in the θ range between -1 and 1 (Figure 4).

Table 14. Average level of θ of students per subtest of the ALCE.

	θ		
	NOS	ISTS	CS
M	0.00	0.00	0.00
SD	0.74	0.69	0.78
Maximum	1.29	1.24	2.19
Minimum	-1.63	-1.45	-2.03

Note. θ = students' proficiency; M = mean; and SD = standard deviation. Source: elaborated by the authors.



(A)

Figure 4. Cont.

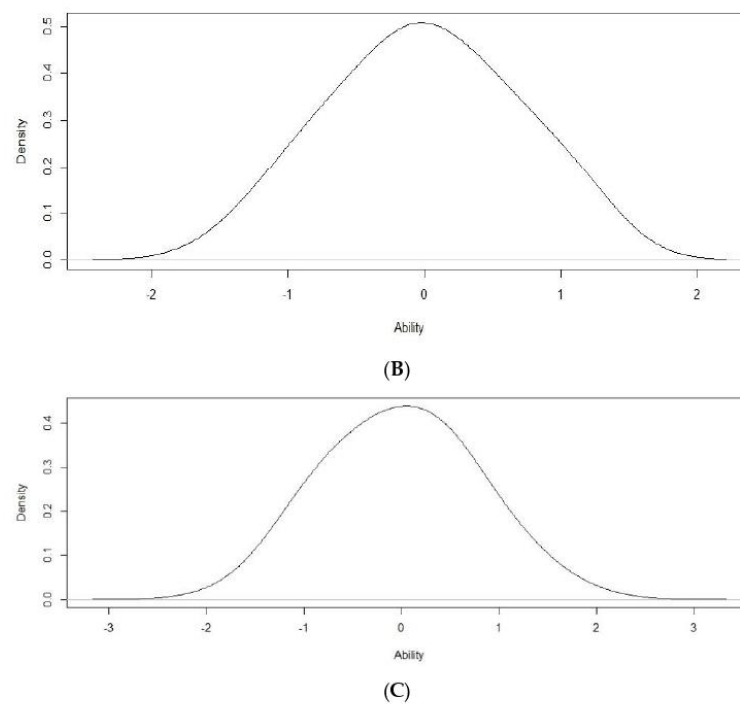


Figure 4. Kernel density estimation according to the students' θ in each subtest of the pilot instrument. Notes: (A) Subtest of the NOS; (B) subtest of the ISTS; and (C) subtest of the CS. Source: elaborated by the authors.

When comparing the distribution of the level of θ of the students in percentage, in the pilot test and in the final application (Table 15) and according to the levels of difficulty stipulated for this study, we observe that the results are similar. Highlights are given to the subtests of NOS and CS that, in the final application, increased by 10% and 6%, respectively, of students with θ equal to or greater than 1.28. On the other hand, in the ISTS subtest, a 7% decrease was registered in the number of students with θ between 0.52 and 1.27.

Table 15. Distribution of students' θ between the pilot test and the final application, by subtest.

θ	NC			ICTS			CC		
	Pilot	Final	$\neq$	Pilot	Final	$\neq$	Pilot	Final	$\neq$
≤ -1.28	5%	4%	−1%	3%	2%	−1%	13%	4%	−9%
$-1.27-0.52$	24%	24%	0	21%	22%	+1%	18%	23%	+5%
$-0.51-0.51$	42%	46%	+4%	45%	52%	+7%	50%	47%	−3%
$0.52-1.27$	29%	16%	−13%	31%	24%	−7%	20%	21%	+1%
≥ 1.28	0%	10%	+10%	0%	0%	0%	0%	6%	+6%

Note. θ = students' proficiency level; $\neq$ = difference. Source: elaborated by the authors.

2.6. Scoring and Classification

We have opted for assigning the score of the instrument in a dichotomous manner: items answered correctly received one point, and items answered incorrectly and marked with the option *don't know* received zero points. For the categorization, we determined five levels of scientific literacy (very low, low, moderate, high and very high) for each subtest, according to the percentage and number of correct answers in the items (Table 16).

Table 16. Levels of scientific literacy according to the percentage and number of correct answers per subtest.

Levels	Percentage	NOS	ISTS	CS
1—Very low	<20%	≤1	≤1	≤4
2—Low	20–49%	2	2	5–10
3—Moderate	50–69%	3–4	3–4	11–15
4—High	70–89%	5	5	16–19
5—Very high	≥90%	6	6	≥20

Source: elaborated by the authors.

This distribution follows the assessment scoring model currently adopted in the 3rd cycle of Portuguese Basic Education [64], whereby tests are graded on a scale from 0% to 100%, and their final classification is further converted into a scale from 1 to 5, according to the following distribution: level 1, from 0 to 19%; level 2, from 20 to 49%; level 3, from 50 to 69%; level 4, from 70 to 89%; and level 5, from 90 to 100%. To be considered approved, students must reach at least level 3 on the scale.

For the general classification of the students' level of scientific literacy, we stipulated the same levels, established by calculating the average of the scientific literacy levels of the three subtests (Table 17). Considering that the definition of scientific literacy does not imply an ideal, or even acceptable, level of understanding but rather a minimum level [4], and for the minimum level (level 3) for students to pass the subjects of the Portuguese 3rd cycle of Basic Education [64], we established that students who achieve at least a moderate level of scientific literacy are considered scientifically literate.

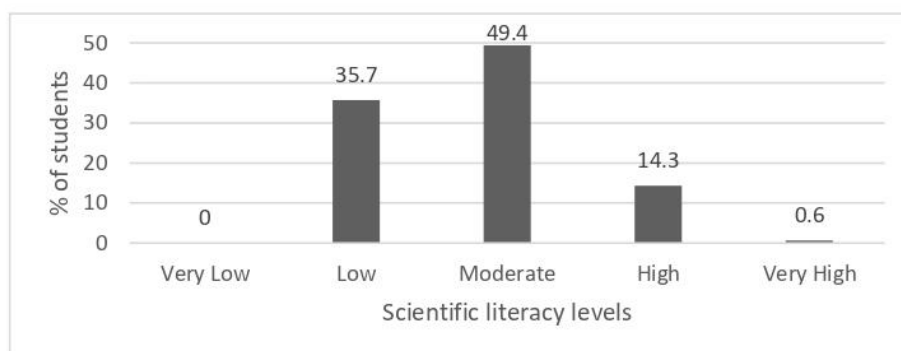
Table 17. General scientific literacy levels according to the average of the subtest levels.

Levels	Average of the Subtest Levels
Very low	<1.00
Low	1.00–2.49
Moderate	2.5–3.49
High	3.5–4.49
Very high	≥4.5

Source: elaborated by the authors.

2.7. Results of the ALCE Final Application

The results obtained from the final application of the ALCE [65] revealed that of the 516 responding students, 184 (35.7%) were at the low level, 255 (49.4%) were at the moderate level, 74 (14.3%) were at the high level, and 3 (0.6%) were at the very high level (Figure 5). There were no students classified at the very low level of scientific literacy.

**Figure 5.** Students' scientific literacy level. Source: elaborated by the authors.

In concordance with the ALCE classification rationale, we found that 64.14% of students were classified as scientifically literate. We also found that only 14.9% surpassed the

moderate level of scientific literacy and that 35.7% of pupils did not achieve the minimum number of correct answers on the subtests to be classified as scientifically literate.

Although it is not possible to make a rigorous and direct comparison between the grade levels, these results are in accordance with those disclosed in the latest reports of Portuguese students' performance in TIMSS 2019 [62] and PISA 2018 [63] that are available. In the TIMSS 2019 Science test, 73% of 8th grade students reached the intermediate level, 34% reached the high level and only 7% reached the advanced level of performance on the TIMSS scale [62]. In the PISA 2018 Science test, while 80% of students reached at least level 2 of proficiency on the PISA scale, only 5.1% and 0.5% of students reached levels 5 and 6, respectively, of the scale [63].

Analysing the results by subtest, we identify that most students are at the moderate level of scientific literacy on the NOS and ISTS subtests, 44.8% and 49.2%, respectively, and at the low level on the CS subtest, 55.63% (Figure 6). Looking at the results of the subtests separately and considering the ALCE classification rationale, that it is necessary to achieve at least a moderate level of scientific literacy, 70% of the students can be considered scientifically literate in the NOS subtest, 72.9% in the ISTS subtest and 39.9% in the CS subtest.

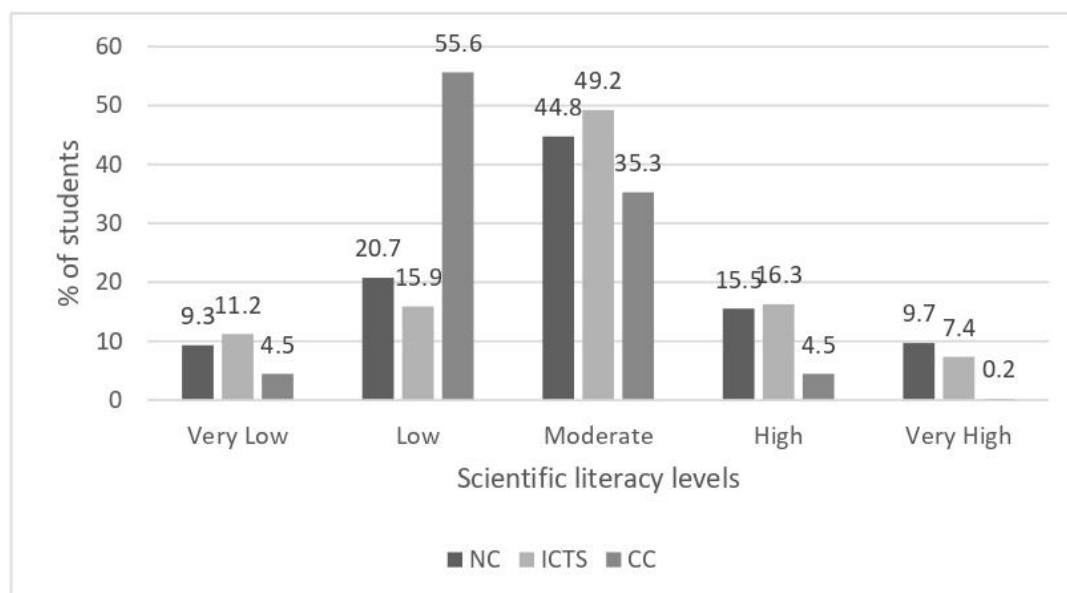


Figure 6. Distribution of students' scientific literacy level by subtest. Source: elaborated by the authors.

Overall, the results indicate that the students' performances were higher in the items whose knowledge and skills are related to the basic foundations of science, consisting of the scientific perception of natural phenomena, the methodology used in research and the very nature of the scientific enterprise, which means the nature of science (NOS) and the understanding of the risks and opportunities of using scientific-technological knowledge, achievements and products for society, that is to say the impact of science and technology on society (ISTS), and lower in the items assessing aspects related to the vocabulary, terms, expressions and basic content of natural sciences and Physical Chemistry, represented by the content of science (CS).

Once again, these results resemble those of the TIMSS and PISA tests. According to the TIMSS 2019 report, few Portuguese students have the skills to apply the knowledge acquired in the subjects of Biology, Chemistry, Physics and Earth Sciences and characterize their concepts in a contextual plurality [62]. Whereas in the PISA 2018 report, the authors state that only 5.6% of students are able to apply scientific knowledge autonomously and creatively to a variety of situations, including those that are less familiar to them.

3. Implications and Conclusions

Responding to the need for the elaboration of new instruments for the assessment of scientific literacy, especially those designed for primary school students, as mentioned by Coppi et al. [18], we developed an instrument for the assessment of scientific literacy aimed at students at the end of the 3rd cycle of Basic Education. The ALCE is an instrument composed of *true-false-don't know* items, developed to be administered in a period of one lesson (50 min) to 9th-grade classes, at the end of the school year as a summative assessment of learning, or even to 10th-grade classes, at the beginning of the school year as a diagnostic assessment.

The ALCE was not designed to assess factual knowledge, such as photosynthesis, the laws of thermodynamics or atomic structure but rather to assess the ability to use the knowledge and skills, present in the main curriculum documents in the area of Physical and Natural Sciences and that should be developed in the subjects of Natural Sciences and Physical Chemistry, for the explanation or resolution of everyday phenomena and situations. The development of the instrument was based on the current literature on the construction of assessment instruments and used the gathering of evidence based on content and internal structure to determine the validity of the use of its results.

Theoretically, the ALCE provides a valid set of information about students' scientific literacy levels. The validity evidence gathered in this study, in alignment with that established by the Standards [33], demonstrates that the results of applying the ALCE can be used for decision making. Furthermore, the results of our process of item construction, administration and review provide support that the ALCE is well aligned with the underlying conceptualisation of scientific literacy that we seek to assess.

In this study, we have employed the ALCE to assess 516 students from 20 schools in mainland Portugal and identified that most of them (49.4%) are at the moderate level of scientific literacy and that 64.14% were classified as scientifically literate. The results also revealed that 70% of the students were considered scientifically literate in the NOS subtest, 72.9% in the ISTS subtest and 39.9% in the CS subtest, the latter being the subtest in which students encountered the major difficulties.

Taking into account the characteristics evidenced by ALCE, our proposal is that it should be used by science teachers with their students so that they can use the results to identify the dimensions, contents and scientific literacy competencies with more and less potential and the gap between the teaching objectives of the subjects and the students' proficiency. Such results might also be able to enable reflection on their own objectives, methodologies, lesson plans and strategies used in the classroom in order to modify them to better develop students' scientific literacy. The ALCE is also informative in the sense that it is able to reveal misunderstood or misinterpreted competencies by means of the *don't know* response options which, if widely marked, may represent cases whose content and skills deserve teachers' attention.

Moreover, we envisage that ALCE might be useful for other purposes, including evaluating the Natural Sciences and Physical Chemistry curricula; providing indicators to help monitor the progress of science education at regional and national levels (if applied on a large scale, in a measurement perspective); and even serving as an auxiliary tool and a framework for teachers and researchers to develop their own instruments to assess students' scientific literacy.

We encourage teachers and researchers interested in using ALCE to contact the corresponding authors with requests for additional information. We also welcome feedback regarding findings and comments for revisions to future versions of ALCE.

4. Limitations

Firstly, our sample, despite involving 516 students, was restricted to 20 schools in mainland Portugal, not covering the administrative regions of the Archipelago of Madeira and the Archipelago of the Azores. This fact, also associated with the number of students in the sample, limits the generalisation of the results of this research to a national scale.

We suggest that future research should include these regions and different regional and cultural contexts in order to gather more information regarding the literacy level of students at the end of the 3rd cycle of Basic Education in Portugal. We point out, however, that the participating schools represent a variety of regions and socioeconomic levels.

Secondly, we provide validity evidence based on content and internal structure of the instrument, not referring to that based on response processes, other variables, and the consequences of the assessments. We reason our choice of these two types of validity evidence by the fact that, according to the Standards, it is not always necessary to collect all five types of validity evidence for all validation processes of assessment instruments, but “rather, support is needed for each proposition that underlies a proposed test interpretation for a specified use” ([33], p. 14). Furthermore, we consider the fact that evidence based on content is the primary source of evidence for an assessment instrument [66] and that the collection of evidence-based on internal structure is considered one of the fundamental ways to analyse the validation process related to assessment instruments, “since it is the direct way to verify the hypothesized legitimacy of the behavioral representation of latent traits” ([35], p. 996).

Nevertheless, we suggest that future research might be able to, for example, establish relationships between ALCE scores with other criteria, such as students’ grades in the subjects of Natural Sciences and Physical Chemistry or scores on a similar test, in order to gather evidence based on relations to other variables. Evidence based on the response process could also be obtained, for example, from a larger sample of teachers on the expert panel. Although we shared the initial version and items, which after pilot testing, were contestable with four teachers (two from Natural Sciences and two from Physical Chemistry), a review by a larger group of teachers could be helpful in moving forward with revised versions of the ALCE. The collection of these two types of evidence would further legitimize the widespread use of this instrument.

Finally, third, although the validity evidence collected enables and attests the use of the ALCE and, consequently, its results, we recognize that some of its items, due to the high difficulty index, did not prove to be fully adequate for the proficiency level of some students. We believe, however, that the difficulty index of these items might be associated with weaknesses in the students’ skills about the contents of Biology, Physics and Chemistry that, not only in the ALCE, but also in TIMSS 2019 and PISA 2018, proved to be insufficient. In this sense, we recommend the use of the ALCE to assess the scientific literacy of students at the end of the 3rd cycle of Basic Education, and we encourage users to evaluate the technical quality of the instrument and to consider its suitability in order to provide valid evidence of the students’ scientific literacy level in the contexts where it might be used.

Author Contributions: Conceptualization, M.C. (Marcelo Coppi), I.F. and M.C. (Marília Cid); methodology, M.C. (Marcelo Coppi); software, M.C. (Marcelo Coppi); validation, M.C. (Marcelo Coppi), I.F. and M.C. (Marília Cid); formal analysis, M.C. (Marcelo Coppi); investigation, M.C. (Marcelo Coppi); resources, M.C. (Marcelo Coppi), I.F. and M.C. (Marília Cid); data curation, M.C. (Marcelo Coppi); writing—original draft preparation, M.C. (Marcelo Coppi); writing—review and editing, M.C. (Marcelo Coppi); visualization, M.C. (Marcelo Coppi), I.F. and M.C. (Marília Cid); supervision, I.F. and M.C. (Marília Cid); project administration, M.C. (Marcelo Coppi); funding acquisition, M.C. (Marcelo Coppi), I.F. and M.C. (Marília Cid). All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This work is funded by National Funds through the FCT—Foundation for Science and Technology, I.P., within the scope of the Research Grant with reference UI/BD/151034/2021 and the project UIDB/04312/2020.

Institutional Review Board Statement: The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki, and approved by Directorate General of Innovation and Curriculum Development (protocol code 0740900001 and date of approval is 01/09/2020).

Informed Consent Statement: Informed consent has been obtained from the subject(s) to publish this paper.

Data Availability Statement: The datasets used and/or analysed during the current study are available from the corresponding author on reasonable request.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses, or interpretation of data; in the writing of the manuscript; or in the decision to publish the results.

Abbreviations

ALCE	Avaliação da Literacia Científica Essencial
CS	Content of Science
ISTS	Impact of science and technology on society
NOS	Nature of science
PASEO	Profile of Students Leaving Compulsory Schooling
PISA	Programme for International Student Assessment
TIMSS	Trends in International Mathematics and Science Study

References

- DeBoer, G.E. Scientific Literacy: Another Look at Its Historical and Contemporary Meanings and Its Relationship to Science Education Reform. *J. Res. Sci. Teach.* **2000**, *37*, 582–601. [CrossRef]
- Roberts, D.A. Scientific Literacy/Science Literacy. In *Handbook of Research on Science Education*; Abell, S.K., Lederman, N.G., Eds.; Erlbaum: Mahwah, NJ, USA, 2007; pp. 729–780.
- OECD. *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy and Collaborative Problem Solving, revised edition*; OECD Publishing: Paris, France, 2017. [CrossRef]
- Miller, J.D. Scientific Literacy: A Conceptual and Empirical Review. *Daedalus* **1983**, *112*, 29–48.
- Bybee, R.W. Scientific Literacy in Environmental and Health Education. In *Science | Environment | Health: Towards a Renewed Pedagogy for Science Education*; Zeyer, A., Kyburz-Graber, R., Eds.; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2012; pp. 49–67. [CrossRef]
- Laugksch, R.C. Scientific Literacy: A Conceptual Overview. *Sci. Educ.* **2000**, *84*, 71–94. [CrossRef]
- OECD. How Does PISA for Development Measure Scientific Literacy? Available online: <https://www.oecd.org/pisa/pisa-for-development/10-How-PISA-D-measures-science-literacy.pdf> (accessed on 16 October 2022).
- Queiruga-Dios, M.Á.; López-Iñesta, E.; Díez-Ojeda, M.; Sáiz-Manzanares, M.C.; Dorrio, J.B.V. Citizen Science for Scientific Literacy and the Attainment of Sustainable Development Goals in Formal Education. *Sustainability* **2020**, *12*, 4283. [CrossRef]
- Howell, E.L.; Brossard, D. (Mis)Informed about What? What It Means to Be a Science-Literate Citizen in a Digital World. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **2021**, *118*, e1912436117. [CrossRef]
- European Union. *Science Education for Responsible Citizenship*; European Union: Luxembourg, 2015.
- Levrini, O.; Fantini, P.; Barelli, E.; Satanassi, S.; Tasquier, G.; Branchetti, L. The Present Shock and Time Re-Appropriation in the Pandemic Era: Missed Opportunities for Science Education. *Sci. Educ.* **2020**, *159*, 1–31. [CrossRef]
- Levrini, O.; Tasquier, G.; Barelli, E.; Laherto, A.; Palmgren, E.; Branchetti, L.; Wilson, C. Recognition and Operationalization of Future-Scaffolding Skills: Results from an Empirical Study of a Teaching–Learning Module on Climate Change and Futures Thinking. *Sci. Educ.* **2021**, *105*, 281–308. [CrossRef]
- Wang, J.; Zhao, Y. Comparative research on the Understandings of Nature of Science and Scientific Inquiry between Science Teachers from Shanghai and Chicago. *J. Balt. Sci. Educ.* **2016**, *15*, 97–108. [CrossRef]
- World Economic Forum. *New Vision for Education—Unlocking the Potential of Technology*; World Economic Forum®: Geneva, Switzerland, 2015.
- Yacoubian, H.A. Scientific Literacy for Democratic Decision-Making. *Int. J. Sci. Educ.* **2018**, *40*, 308–327. [CrossRef]
- Fives, H.; Huebner, W.; Birnbaum, A.S.; Nicolich, M. Developing a Measure of Scientific Literacy for Middle School Students. *Sci. Educ.* **2014**, *98*, 549–580. [CrossRef]
- Gormally, C.; Brickman, P.; Lutz, M. Developing a Test of Scientific Literacy Skills (TOSLS): Measuring Undergraduates’ Evaluation of Scientific Information and Arguments. *CBE Life Sci. Educ.* **2012**, *11*, 364–377. [CrossRef] [PubMed]
- Coppi, M.; Fialho, I.; Cid, M. Scientific Literacy Assessment Instruments: A Systematic Literature Review. *Educ. Rev.* **2023**, *39*, e37523. [CrossRef]
- Laugksch, R.C.; Spargo, P.E. Construction of a Paper-and-Pencil Test of Basic Scientific Literacy Based on Selected Literacy Goals Recommended by the American Association for the Advancement of Science. *Public Underst. Sci.* **1996**, *5*, 331–359. [CrossRef]
- AAAS. *Project 2061: Science for All Americans*; Oxford University Press: Washington, DC, USA, 1989.
- Höttecke, D.; Allchin, D. Reconceptualizing Nature-of-Science Education in the Age of Social Media. *Sci. Educ.* **2020**, *104*, 641–666. [CrossRef]

22. McComas, W.F.; Clough, M.P. Nature of Science in Science Instruction: Meaning, Advocacy, Rationales, and Recommendations. In *Nature of Science in Science Instruction: Rationales and Strategies*; McComas, W.F., Ed.; Springer Nature: Cham, Switzerland, 2020; pp. 3–22. [CrossRef]
23. Weisberg, D.S.; Landrum, A.R.; Hamilton, J.; Weisberg, M. Knowledge about the Nature of Science Increases Public Acceptance of Science Regardless of Identity Factors. *Public Underst. Sci.* **2021**, *30*, 120–138. [CrossRef]
24. Khishfe, R. Improving Students' Conceptions of Nature of Science: A Review of the Literature. *Sci. Educ.* **2022**, 1–45. [CrossRef]
25. Coppi, M. Estratégias Para a Coleta de Evidências de Validade de Avaliações de Sala de Aula. *Meta Avaliação* **2022**, *14*, 826–849. [CrossRef]
26. Depresbiteris, L.; Tavares, M.R. *Diversificar é Preciso... Instrumentos e Técnicas de Avaliação de Aprendizagem*; Senac São Paulo: São Paulo, Brazil, 2009.
27. Haladyna, T.M.; Rodriguez, M.C. *Developing and Validating Test Items*; Taylor & Francis Group: New York, NY, USA, 2013.
28. Popham, W.J. *Classroom Assessment: What Teachers Need to Know*, 8th ed.; Pearson: Los Angeles, CA, USA, 2017.
29. Russel, M.K.; Airasian, P.W. *Avaliação Em Sala de Aula: Conceitos e Aplicações*, 7th ed.; AMGH: Porto Alegre, Brazil, 2014.
30. Gipps, C.V. *Beyond Testing: Towards a Theory of Educational Assessment*; The Falmer Press: Washington, DC, USA, 2003. [CrossRef]
31. Kumar, D.; Jaipurkar, R.; Shekhar, A.; Sikri, G.; Srinivas, V. Item Analysis of Multiple Choice Questions: A Quality Assurance Test for an Assessment Tool. *Med. J. Armed Forces India* **2021**, *77*, S85–S89. [CrossRef]
32. You, H.S.; Park, S.; Marshall, J.A.; Delgado, C. Interdisciplinary Science Assessment of Carbon Cycling: Construct Validity Evidence Based on Internal Structure. *Res. Sci. Educ.* **2022**, *52*, 473–492. [CrossRef]
33. AERA; APA; NCME. *Standards for Educational and Psychological Testing*; American Educational Research Association: Washington, DC, USA, 2014.
34. Braun, H.I. *Meeting the Challenges to Measurement in an Era of Accountability*; Routledge: New York, NY, USA, 2016.
35. Pasquali, L. Psicometria. *Rev. da Esc. Enferm. da USP* **2009**, *43*, 992–999. [CrossRef]
36. Coppi, M.A.; Fialho, I.; Cid, M. Evidências de Validade Baseadas No Conteúdo de Um Instrumento de Avaliação Da Literacia Científica. *Cad. Pesqui.* **2022**, *29*, 99–127. [CrossRef]
37. Pasquali, L. *Psicometria Teoria Dos Testes Na Psicologia e Na Educação*, 4th ed.; Vozes: Petrópolis, Brazil, 2009.
38. Anderson, L.W.; Krathwohl, D.R.; Airasian, P.W.; Cruikshank, K.A.; Mayer, R.E.; Pintrich, P.R.; RATHS, J.; Wittrock, M.C. *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*; Addison Wesley Longman: New York, NY, USA, 2001.
39. Galvão, C.; Neves, A.; Freire, A.M.; Lopes, A.M.S.; Santos, M.D.C.; Vilela, M.D.C.; Oliveira, M.T.; Pereira, M. *Ciências Físicas e Naturais—Orientações Curriculares Para o 3.º Ciclo Do Ensino Básico*; Ministério da Educação: Lisboa, Portugal, 2001.
40. DGE. *Aprendizagens Essenciais, Articulação Com o Perfil dos Alunos—Ciências Naturais—9.º ano—3.º ciclo do Ensino Básico*. Available online: http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/ciencias_naturais_3c_9a_ff.pdf (accessed on 21 November 2022).
41. DGE. *Aprendizagens Essenciais, Articulação Com o Perfil dos Alunos—Ciências Naturais—8.º ano—3.º ciclo do Ensino Básico*. Available online: http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/ciencias_naturais_3c_8a_ff.pdf (accessed on 21 November 2022).
42. DGE. *Aprendizagens Essenciais, Articulação Com o Perfil dos Alunos—Ciências Naturais—7.º ano—3.º ciclo do Ensino Básico*. Available online: http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/ciencias_naturais_3c_7a_ff.pdf (accessed on 21 November 2022).
43. DGE. *Aprendizagens Essenciais, Articulação Com o Perfil dos Alunos—Físico-química—9.º ano—3.º ciclo do Ensino Básico*. Available online: http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/fisico-quimica_3c_9a.pdf (accessed on 21 November 2022).
44. DGE. *Aprendizagens Essenciais, Articulação Com o Perfil dos Alunos—Físico-química—7.º ano—3.º ciclo do Ensino Básico*. Available online: http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/fisico-quimica_3c_7a_ff.pdf (accessed on 21 November 2022).
45. DGE. *Aprendizagens Essenciais, Articulação Com o Perfil dos Alunos—Físico-química—8.º ano—3.º ciclo do Ensino Básico*. Available online: http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/fisico-quimica_3c_8a_ff.pdf (accessed on 21 November 2022).
46. Martins, G.O.; Gomes, C.A.S.; Brocardo, J.M.L.; Pedroso, J.V.; Carrillo, J.L.A.; Silva, L.M.U.; Encarnação, M.M.G.A.D.; Horta, M.J.D.V.C.; Calçada, M.T.C.S.; Nery, R.F.V.; et al. *Perfil Dos Alunos à Saída Da Escolaridade Obrigatória*; Ministério da Educação e Ciência—DGE: Lisboa, Portugal, 2017.
47. AAAS. *Project 2061: Benchmarks for Science Literacy*; Oxford University Press: Washington, DC, USA, 1993.
48. Ebel, R.L.; Frisbie, D.A. *Essentials of Educational Measurement*, 5th ed.; Prentice Hall International, Inc.: Englewood Cliffs, NJ, USA, 1991.
49. Haladyna, T.M. *Developing and Validating Multiple-Choice Test Items*, 3rd ed.; Lawrence Erlbaum Associates: London, UK, 2004.
50. Alexandre, N.M.C.; Coluci, M.Z.O. Validade de Conteúdo Nos Processos de Construção e Adaptação de Instrumentos de Medidas. *Cien. Saude Colet.* **2011**, *16*, 3061–3068. [CrossRef] [PubMed]
51. Smith, J.K. Reconsidering Reliability in Classroom Assessment and Grading. *Educ. Meas. Issues Pract.* **2003**, *22*, 26–33. [CrossRef]

52. de Araujo, E.A.C.; de Andrade, D.F.; Bortolotti, S.L.V. Teoria Da Resposta Ao Item. *Rev. da Esc. Enferm. USP* **2009**, *3*, 1000–1008. [CrossRef]
53. Baker, F.B. *The Basics of Item Response Theory*; ERIC: Washington, DC, USA, 2001.
54. Jebb, A.T.; Ng, V.; Tay, L. A Review of Key Likert Scale Development Advances: 1995–2019. *Front. Psychol.* **2021**, *12*, 1–14. [CrossRef]
55. Ferreira, E.A. Teoria de Resposta Ao Item—TRI: Análise de Algumas Questões Do ENEM: Habilidades 24 a 30. Master's Thesis, Universidade Federal da grande Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil, 2018.
56. Mendonça Filho, E.J.D. Evidências de Validade Relacionadas à Estrutura Interna Da Escala Cognitiva Do Inventário Dimensional de Avaliação Do Desenvolvimento Infantil. Master's Thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, 2017.
57. Pasquali, L. *TRI—Teoria de Resposta Ao Item: Teoria, Procedimentos e Aplicações*; Appris: Curitiba, Brazil, 2018.
58. Baker, F.B.; Kim, S.-H. *The Basics of Item Response Theory. Statistics for Social and Behavioral Sciences*; Springer: Pittsburgh, PA, USA, 2017. [CrossRef]
59. Edelen, M.O.; Reeve, B.B. Applying Item Response Theory (IRT) Modeling to Questionnaire Development, Evaluation, and Refinement. *Qual. Life Res.* **2007**, *16*, 5–18. [CrossRef]
60. Reeve, B.B.; Fayes, P. Applying Item Response Theory Modelling for Evaluating Questionnaire Item and Scale Properties. In *Assessing Quality of Life in Clinical Trials: Methods and Practice*; Fayes, P.M., Hays, R.D., Eds.; Oxford University Press: Oxford, UK, 2005; pp. 55–73.
61. Klein, R. Alguns Aspectos Da Teoria de Resposta Ao Item Relativos à Estimação Das Proficiências. *Ensaio* **2013**, *21*, 35–56. [CrossRef]
62. Duarte, A.; Nunes, A.; Tavares, J.; Mota, M.; Venâncio, T. *TIMSS 2019—Portugal. Resultados a Matemática e a Ciências—4.º Ano—Volume 1*; IAVE: Lisboa, Portugal, 2020. [CrossRef]
63. Lourenço, V.; Duarte, A.; Nunes, A.; Amaral, A.; Gonçalves, C.; Mota, M.; Mendes, R. *PISA 2018—Portugal. Relatório Nacional*; IAVE: Lisboa, Portugal, 2019.
64. Portugal. Despacho Normativo n.º 1-F/2016 de 5 de abril de 2016. *Diário da República*. 2.ª série, n.º 66. 2016, p. 11440-(3). Available online: http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Noticias_Imagens/2016_dn_1f.pdf (accessed on 21 November 2022).
65. Coppi, M.; Fialho, I.; Cid, M. Assessing Portuguese Elementary School Students' Scientific Literacy: Application of the ALCE Instrument. *Soc. Sci.* **2023**, *12*, 374. [CrossRef]
66. Kane, M.T. Validating the Interpretations and Uses of Test Scores. *J. Educ. Meas.* **2013**, *50*, 1–73. [CrossRef]

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

**CAPÍTULO 5 - ASSESSING PORTUGUESE ELEMENTARY
*SCHOOL STUDENTS' SCIENTIFIC LITERACY: APPLICATION OF
THE ALCE INSTRUMENT***

Article

Assessing Portuguese Elementary School Students' Scientific Literacy: Application of the ALCE Instrument

Marcelo Coppi , Isabel Fialho  and Marília Cid 

Center for Research in Education and Psychology, University of Évora, 7000-803 Évora, Portugal; ifialho@uevora.pt (I.F.); mcid@uevora.pt (M.C.)

* Correspondence: mcoppi@uevora.pt

Abstract: The study aimed to identify the scientific literacy level of students at the end of the third cycle of Portuguese basic education and verify how the variables sex, failure, a liking for the subject, socio-economic level of the schools and course option in secondary education were related to the students' scientific literacy levels. Data from the ALCE instrument, answered by 516 ninth-grade students from 20 public schools in mainland Portugal, revealed that 64.14% were classified as being scientifically literate and that most students were had a moderate level of scientific literacy. On average, significant differences were observed only between the students' scientific literacy levels and the variables related to a liking for natural science and physical chemistry subjects, course option in secondary education and socio-economic level of the schools. Among the investigated variables, only the option of vocational courses, the option of science and technology and a liking for physical chemistry were able to predict, partially, the students' scientific literacy levels. In summary, the results of the scientific literacy level of the students and the number of scientifically literate students were positive and similar to those verified in external evaluations and in other studies assessing the scientific literacy of this education cycle or similar.

Keywords: ALCE; basic education; science education; scientific literacy assessment; students



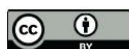
Citation: Coppi, Marcelo, Isabel Fialho, and Marília Cid. 2023. Assessing Portuguese Elementary School Students' Scientific Literacy: Application of the ALCE Instrument. *Social Sciences* 12: 374. <https://doi.org/10.3390/socsci12070374>

Received: 20 April 2023

Revised: 15 June 2023

Accepted: 22 June 2023

Published: 27 June 2023



Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

In 2015, the World Economic Forum, through the report *New Vision for Education—Unlocking the Potential of Technology* (World Economic Forum 2015), published a list of 16 skills needed by students in the 21st century. Among them, six skills were identified that came to constitute the group of what were then called foundational literacies, which “serve as the base upon which students need to build more advanced and equally important competencies and character qualities” (World Economic Forum 2015, p. 2), namely, reading literacies, numeracy, scientific literacy, ICT literacy, financial literacy and cultural and civic literacy.

The development of these multiple literacies, especially at school, as a space for learning and skills development (Martins et al. 2017), should be promoted in order to respond to current demands and requirements. These are largely due to the intensification of the pace of scientific and technological development and exponential growth in information on a global scale, consequently bringing multiple challenges to education, related, for example, to identity and security, sustainability, interculturality, innovation and creativity (Martins et al. 2017).

As stated by Vizzotto and Del Pino (2020), it is expected that students, upon completing compulsory education, will have developed skills that will enable them to understand and act in their daily lives in a critical and responsible way. According to the authors, in general, scientific literacy shares this goal and contributes significantly to this process.

Defined by the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) as “the ability to engage with science-related issues, and with the ideas of science, as a

reflective citizen" (OECD 2017, p. 22), scientific literacy is recognised as the main goal of science education in several countries around the world (DeBoer 2000; Odegaard et al. 2015; Wang and Zhao 2016; World Economic Forum 2015; Yacoubian 2018). For Miller (1983), one of the first researchers to propose a definition for scientific literacy, a scientifically literate person is one who, in addition to understanding scientific nomenclatures and concepts, understands the process of scientific knowledge production and also how science and technology impact society and the environment.

In Portugal, the education system is compulsory from 6 to 18 years of age and comprises basic education (organised in three cycles: first cycle from first to fourth grade, second cycle from fifth to sixth grade and third cycle from seventh to ninth grade) and secondary education (from tenth to twelfth grade). In particular, in the third cycle of basic education, the last cycle in which all students must participate in all subjects aimed at addressing scientific literacy, these skills are developed in the two subjects that compose the area of physical and natural sciences: natural sciences and physical chemistry. Both subjects are ruled by two curricular reference documents, the Essential Learnings and the Students' Profile by the End of Compulsory Schooling, in which the acquisition of scientific literacy skills in students is notably and clearly recommended.

In the Essential Learnings of Physical Chemistry (DGE 2018d, 2018e, 2018f), scientific literacy is stated as its main goal. According to the document, the subject of physical chemistry "aims to contribute to the development of scientific literacy in students, arousing curiosity about the world around us and interest in Science" (DGE 2018d, p. 1; DGE 2018e, p. 1; DGE 2018f, p. 1). The Essential Learnings in Physical Chemistry also states that students who complete the subject at the end of the third cycle will be equipped with scientific literacy skills that will allow them to mobilise their understanding of scientific processes and phenomena for decision-making, aware of the implications of science in today's world, in order to exercise a participatory citizenship (DGE 2018d, p. 2; DGE 2018e, p. 2; DGE 2018f, p. 2).

Similarly, the Essential Learnings of Natural Sciences (DGE 2018a, 2018b, 2018c), although not making explicit reference to the term scientific literacy, assumes it as the subject objective. As stated in the document, the subject of natural sciences aims to broaden the horizons of learning, providing students with access to relevant products of science and its processes, through the understanding of the limits and potentialities of science and its technological applications in society. On the other hand, it is sought after that students become aware of the impact of human intervention on Earth and the need to adopt behaviours of active and fair citizenship, consistent with sustainable development (DGE 2018a, p. 2; DGE 2018b, p. 2; DGE 2018c, p. 2).

The Students' Profile by the End of Compulsory Schooling (Martins et al. 2017), a document presented as a reference for the organisation of the entire Portuguese education system, mentions the need for the development of multiple literacies, including scientific literacy. According to the Profile, it is intended that, by the end of compulsory education, the school should be able to promote the development of multiple literacies, enabling students to "critically analyse and question reality, evaluate and select information, formulate hypotheses and make informed decisions in their daily lives" (Martins et al. 2017, p. 15).

From this perspective, it can be seen that the Portuguese curriculum documents ruling on the subjects of physical and natural sciences of the third cycle of basic education are in line with the global trend of declaring scientific literacy as the main goal of science education. Analysing the continuous trend improvement in Portugal's results in the international assessments Programme for International Student Assessment (PISA) and Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS), it is assumed that a development in students' scientific literacy skills is taking place and producing positive effects.

However, despite the continuous improvement, Galvão et al. (2017) point out that the results are below expectations. According to the authors, "a discrepancy persists between what would be expected in terms of students' performances in international examinations

(such as PISA, constructed in the light of international recommendations) and what students actually achieve” (Galvão et al. 2017, p. 15).

In this sense, it becomes necessary to monitor the scientific literacy level of Portuguese students more periodically than just every three or four years, as is the case with the results of these international assessments. This implies using different instruments for assessing scientific literacy, at local, regional and national levels, in order to collect the necessary information to propose more frequent and punctual changes in education plans, methodologies and practices of the subjects of natural sciences and physical chemistry, aspiring to a development in scientific literacy skills in students.

It was in this context that the study presented in this article aimed to assess the scientific literacy level of students at the end of the third cycle of Portuguese basic education. This survey will allow us to envisage future paths for adequate scientific and technological education in schools in Portugal.

Therefore, the following research questions were designed: (1) What is the scientific literacy level of students at the end of the third cycle of basic education? (2) How many students are scientifically literate? (3) Is there a difference in the scientific literacy level between male and female students? (4) Is there a difference in the scientific literacy level between students who have already failed natural sciences and physical chemistry and those who have never failed them? (5) Is there a difference in the scientific literacy level between students who intend to choose different courses in secondary education? (6) Is there a difference in the scientific literacy level among students from schools with favourable, intermediate and unfavourable socio-economic levels? (7) Is there a difference in the scientific literacy level among students who like and do not like the subjects of natural sciences and physical chemistry? (8) Which one or which of these variables are able to predict the scientific literacy level of students?

The between-group comparisons needed to answer these research questions were based on differences already noted in the literature in studies conducted in different contexts. For example, with regard to sex, both the PISA 2018 and TIMSS 2019 Portugal reports indicate that boys have higher average scores than girls. Such results are in accordance with those presented by most countries participating in the two tests, in which girls present the highest average score (Duarte et al. 2020; Lourenço et al. 2019).

In terms of failure in subjects, several studies highlight the fact that retention is a factor that impairs the performance of students in international assessments (Pinto et al. 2019). The study by Moreira et al. (2010), for example, reveals that, in PISA 2006, there was a 44-point difference in favour of the group of non-retained Portuguese students in the average score of the science test in relation to students who had been retained once, twice or three times.

Regarding the variable course option in secondary education, in Portugal, the TIMSS 2019 report showed that one in two boys with high performance in science intend to follow a profession in science and, in the case of girls, one in seven intend to do so (Duarte et al. 2020).

In the case of groups of students from schools with favourable, intermediate and unfavourable socio-economic levels, several studies show that students with lower performance are found in the most unfavourable socio-economic contexts, with these two variables being associated (Pinto et al. 2019). Furthermore, the results of Portuguese students in TIMSS 2019 revealed that students from more socio-economically advantaged schools scored better than those from more-disadvantaged schools.

Finally, regarding the variable of liking or not liking the subjects of natural sciences and physical chemistry, the study of Pinto et al. (2019), by analysing the relationship between student performance in science and a liking for scientific subjects, revealed that a liking for science has a positive impact on student performance.

From this perspective, it is expected that the answers to the research questions will contribute to contextualising the results of the application of the instrument and to the

discussions about science teaching and a development in scientific literacy in primary education.

2. Methodology

2.1. The Instrument

From a methodological point of view, the study applied the Avaliação da Literacia Científica Essencial (ALCE) instrument to Portuguese 9th-grade students. The ALCE consists of 34 items in “true-false-don’t know” format, divided into three subtests—nature of science (NS), impact of science and technology on society (ISTS) and content of science (CS)—as shown in Table 1.

Table 1. Distribution of the ALCE items by subtest.

Subtest	Number of Items
NS	06
ISTS	06
CS	22

Source: elaborated upon by the authors.

For the purposes of this study, two groups of questions were added. The first, consisting of four items, was added to collect sociodemographic data: (1) sex (male/female); (2) age; (3) school year and (4) school where you study. The second group consisted of five items of covariates, whose purpose it was to contextualise the students’ performance results: (1) Do you like the subject of natural sciences (Likert scale between 1 = I don’t like it and 5 = I adore it)? (2) Have you ever failed the subject of natural sciences (yes/no)? (3) Do you like the subject of physical chemistry (Likert scale between 1 = I don’t like it and 5 = I adore it)? (4) Have you ever failed the subject of physical chemistry (yes/no)? (5) Which course do you intend to choose in secondary education (science and technology course/socio-economic sciences course/languages and humanities course/visual arts course/professional courses)?

The data on the socio-economic level of the schools were taken from the Infoescolas Portal ([Ministério da Educação e Ciência 2022](#)) of the Portuguese Ministry of Education and Science. This information classifies schools into three distinct groups, namely, favourable, in which less than 25% of students are covered by the School Social Action programme; intermediate, in which 25% to 50% of students are covered by the School Social Action programme; and unfavourable, in which more than 50% of students are covered by the School Social Action programme ([DGEEC 2023](#)).

The 34 items that make up, properly, the ALCE assess three cognitive domains of the revised Bloom Taxonomy ([Anderson et al. 2001](#)): understanding, analysis and evaluation of problems and everyday situations involving skills from the area of physical and natural sciences to find a solution. This set of skills appears in the following Portuguese curriculum documents of physical and natural sciences of the 3rd cycle of basic education, up to the time it was developed in force: Curricular Guidelines for the 3rd cycle of Basic Education—Physical and Natural Sciences ([DEB 2001](#)), Essential Learnings in Natural Sciences and Physical Chemistry ([DGE 2018a, 2018b, 2018c, 2018d, 2018e, 2018f](#)) and Students’ Profile by the End of Compulsory Schooling ([Martins et al. 2017](#)).

The items of the ALCE are interpretative, consisting of one or more highlighted phrases in italics or bold, which should be taken as true, followed by a sentence without any highlight, which should be judged as true or false. An example item from each subtest is presented below:

Laws and theories are part of science. While laws describe natural phenomena, theories use them to propose an explanation of such phenomena. Once a theory has been established, scientists in the field set aside research related to that theory and start studying other phenomena, since, because it is a scientific theory, it is considered as an incontestable truth by the scientific community. (NS subtest item)

The techno-scientific revolution associates scientific knowledge with the use of technology in industrial production. In regard to this association, advances in science enable a development in new technologies and these enable the production of more scientific knowledge, making science and technology inseparable areas. (ISTS subtest item)

Rocks formed in the past and preserved can be considered as the geological memory of planet Earth. The fact that some rocks have fossil records allows scientists to perform relative dating. Thus, it is possible to date the layers of rocks on the basis of the fossils that they contain, allowing the age of the rock to be related to the age of the fossil preserved in it. (CS subtest item)

2.2. Validation of the Instrument

The instrument's validation process was carried out through the collection of validity evidence based on the content (Coppi et al. 2022) and validity evidence based on the internal structure, as proposed by Pasquali (2009). The first group of evidence was obtained from the definition of the cognitive domains; the definition of the universe of content; the definition of the representativeness of the content; the preparation of the specification table; the construction of the instrument; the theoretical analysis of the items, designed by a panel composed of ten experts in the areas of educational sciences, biology, geology, physics and chemistry, who verified the representativeness, relevance and quality of the items; and the empirical analysis of the items, which consisted of the psychometric evaluation of the items, using item response theory (IRT), by submitting the instrument to a pilot test, consisting of 35 items, applied to a sample of students in the 10th grade, recently graduated from the 9th grade, selected "by convenience" (Ghiglione and Matalon 1992; Hill and Hill 2005). This application was carried out at the beginning of the 2020/2021 school year, in digital format, by means of the LimeSurvey software, version 3.25.17, in the classroom and in the presence of teachers. The IRT technique was also used to collect validity evidence based on the internal structure, obtained through the IRT information functions, the Kernel density estimate of the subtests and the students' proficiency level (θ).

After analysing the results of the collection of validity evidence based on the content and on the internal structure of the instrument, it was found that some items were classified as very easy and others were classified as very difficult, when compared to the samples' proficiency level. In this sense, and with the purpose of better adapting the instrument to the characteristics of students in this education cycle, these items were again submitted to the panel of experts, who contributed to changes in terms of understanding, relevance and clarity of the items and to the exclusion of one item, leading to the final version of the ALCE, composed of a total of 34 items. In this version, it was found that the items were adequate for the students' proficiency level, validating the use of the results for the proposed objectives.

2.3. Proceedings

The application of the ALCE final version was authorised by the Directorate General for Innovation and Curriculum Development, through the School Survey Monitoring System, under the registration no. 0740900001.

At the end of the 2021/2022 school year (between April and June 2022), the link to access the instrument on the LimeSurvey platform was sent via e-mail to the directors of all public schools in mainland Portugal, who were asked to forward it to the teachers of the subjects of natural sciences and physics–chemistry. The e-mail contained instructions for accessing, reading and applying the instrument on the LimeSurvey platform. The directors and teachers were asked to have the students answer the instrument in the school's computer room and in the presence of the natural sciences and physical chemistry teachers.

2.4. Participants

The ALCE was answered by 516 9th-grade students from 20 public schools in mainland Portugal. Of these students, 259 (50.2%) were male and 257 (49.8%) were female. The average age of the respondents was 14.69 years ($SD = 0.88$).

It is important to note that the sample is not representative and, therefore, the results cannot be generalised to the population of Portuguese students in the 3rd cycle of basic education.

2.5. Data Analysis Procedure

The data were analysed using statistical procedures comprising frequency analysis, t-Student test, analysis of variance (ANOVA) and regression analysis, carried out using SPSS software, v. 27. Frequency analysis was carried out to identify the number of correct answers and the students' scientific literacy levels. The t-Student test for independent samples was used to analyse the comparison of the means of the students' scientific literacy levels by sex, by failure, meaning whether or not they had already failed the subjects natural sciences and physical chemistry, and by the course they intended to choose in secondary education.

The ANOVA, whose employed post hoc was Tukey's, was applied for the analysis of comparison of the means of the students' scientific literacy levels according to their liking for the subjects of natural sciences and physical chemistry and to the socio-economic level of the schools. This last analysis took into account the scientific literacy level and the number of correct answers by the students. Finally, multiple linear regression analysis was employed in order to describe the relationship between the independent variables sex, failure, a liking for the subject, socio-economic level of the school and course option in secondary education and the dependent variable scientific literacy level of the responding students. It is worth noting that all of the prerequisites of the statistical analyses used were met.

2.6. Instrument Scoring and Classification Criteria

Regarding the format of the items and the attribution of the score of the ALCE items, it was decided that it be performed dichotomously: one point awarded per item for a correct answer, and zero awarded for a wrong answer. The correct number of answers were summed in order to form the total score per subtest which, when added, formed the overall ALCE score.

The option "don't know" was added in order to be marked if the student had no knowledge of the content or skill requested by the item. According to [Ebel and Frisbie \(1991\)](#), adding this option in survey questionnaires significantly reduces the number of correct answers obtained only through guessing. In addition, the inclusion of the "don't know" option was also aimed at collecting important data for teachers regarding students' knowledge. Items with large numbers of answers in this option were able to inform teachers that certain content or a certain skill were not effectively assimilated by the students, or even that it was not worked on in the classroom or was worthy of greater attention from teachers in the reformulation of their classes and teaching strategies. Therefore, in terms of scoring and classification criteria, items marked with the option "don't know" also received a score of zero.

Taking into account the logic of the instrument, the students' classification in each subtest was determined in five levels of scientific literacy—very low, low, moderate, high and very high—according to the percentage and number of correct answers in the items, as shown in Table 2.

Table 2. Levels of scientific literacy according to the percentage and number of correct answers per subtest.

Levels	Percentage	NS	ISTS	CS
1—Very low	<20%	≤1	≤1	≤4
2—Low	20 to 49%	2	2	5 to 10
3—Moderate	50 to 69%	3 to 4	3 to 4	11 to 15
4—High	70 to 89%	5	5	16 to 19
5—Very high	≥90%	6	6	≥20

Source: elaborated upon by the authors.

This distribution follows the assessment scoring model adopted in the Portuguese 3rd cycle of basic education ([Despacho normativo n.º 1-F/2016 do Ministério da Educação 2016](#)). In this model, the tests are graded on a percentage scale from 0 to 100, and the final classification of the test is converted into a scale from 1 to 5, following the following distribution: level 1, from 0 to 19%; level 2, from 20 to 49%; level 3, from 50 to 69%; level 4, from 70 to 89% and level 5, from 90 to 100%. To be approved, students need to reach at least level 3 on the scale.

The same categories and scale were used for the classification of the students' general scientific literacy level. This was obtained by averaging the scientific literacy levels of the three subtests, as presented in Table 3. Students who reached at least the moderate level of scientific literacy were considered to be scientifically literate.

Table 3. General scientific literacy levels according to the average of the subtest levels.

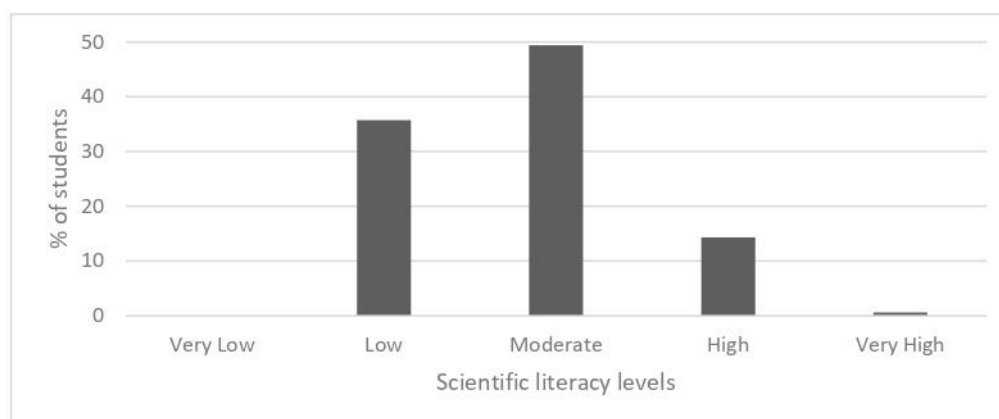
Levels	Average of the Subtest Levels
Very low	<1.00
Low	1.00 to 2.49
Moderate	2.50 to 3.49
High	3.50 to 4.49
Very high	≥4.50

Source: elaborated upon by the authors.

3. Results and Discussion

3.1. Students' Scientific Literacy Levels

The results revealed that most of the students had a moderate level of scientific literacy. Of the 516 responding students, 255 (49.4%) were classified at this level, 184 (35.7%) were classified at the low level, 74 (14.3%) were classified at the high level and 3 (0.6%) were classified at the very high level (Figure 1). No students were rated as having a very low level of scientific literacy.

**Figure 1.** Students' scientific literacy levels. Source: elaborated upon by the authors.

It is observed that, in accordance with the logic of the instrument and the established classification criteria, more than half of the responding students, 331 (64.14%), were classified as being scientifically literate, as they reached at least the moderate level of scientific literacy. The characteristics of the scientifically literate students are described in Table 4.

Table 4. Characteristics of scientifically literate students, according to the variables analysed.

Variable		Scientifically Literate Students		Non-Scientifically Literate Students	
		n	%	n	%
Sex	Male	169	33%	90	17%
	Female	162	31%	95	19%
Liking for the subject of natural sciences	I do not like it	7	1%	10	2%
	I do not like it very much	43	8%	27	5%
	I like it	155	30%	107	21%
	I like it a lot	74	14%	27	5%
	I adore it	52	10%	14	3%
Liking for the subject of physical chemistry	I do not like it	22	4%	29	6%
	I do not like it very much	65	13%	47	9%
	I like it	145	28%	79	15%
	I like it a lot	70	14%	20	4%
	I adore it	29	6%	10	2%
Failure in the subject of natural sciences	Yes	18	3%	14	3%
	No	313	61%	171	33%
Failure in the subject of physical chemistry	Yes	27	5%	24	5%
	No	304	59%	161	31%
Course option in secondary education	Science and technology	138	27%	33	7%
	Socio-economic sciences	37	7%	21	4%
	Languages and humanities	52	10%	35	7%
	Visual arts	25	5%	23	4%
	Professional courses	74	14%	78	15%
Socio-economic level of the schools	Unfavourable	84	16%	53	10%
	Intermediate	168	33%	104	20%
	Favourable	79	15%	28	5%

Source: elaborated upon by the authors.

Despite the fact that the assessed result related to the level of scientific literacy of students in the third cycle of basic education was positive, that is, that 64.14% of students were classified as being scientifically literate, the data revealed that more than a third of students (36%) did not reach the minimum performance to be classified as being scientifically literate. Furthermore, it was observed that only 14.9% of the students were classified in the above-moderate levels of scientific literacy.

Although it is not possible to make a strict and direct comparison between classification levels, the results support those released in the latest reports of Portugal's performance in TIMSS 2019 (Duarte et al. 2020) and PISA 2018 (Lourenço et al. 2019). In the TIMSS 2019 assessment, 73% of Portuguese students reached the intermediate level of performance in science (Duarte et al. 2020). The report displays that 34% of students reached the high level and only 7% reached the advanced level on the TIMSS scale.

According to Duarte et al. (2020), the overall result of the Portuguese students shows that the majority present intermediate-level skills, demonstrating some knowledge in the areas of biology and physics. However, due to the low number of students at the high and advanced levels, a minority showed skills to apply the knowledge of biology, chemistry, physics and earth sciences and to characterise the concepts of such areas in a contextual plurality (Duarte et al. 2020).

The same could be verified in the ALCE. Among the items with a wrong answer rate above 50%, two belonged to the NS and ISST subtests and twelve belonged to the CS subtest. Of these twelve, one corresponded to the area of natural sciences, one corresponded to the area of geology, six corresponded to the area of physical chemistry and four corresponded to the area of biology. Only analysing the items with a wrong answer rate above 70%, six items were identified: two in the area of chemistry, three in the area of physics and one in the area of biology, indicating a certain difficulty encountered by students in these areas.

Comparing the results with those of the PISA 2018 report, it can be seen that the performance of Portuguese students in the international assessment was higher than in the present study, although the results showed variations according to the region of the country. As the report points out, in the 2018 assessment, 80% of the students reached level 2 of proficiency in the science assessment (Lourenço et al. 2019). At this level, students have basic skills for understanding science (Saraiva 2017) and for using scientific knowledge to appropriately explain everyday events scientifically (Marôco et al. 2016), skills that are similar to those assessed by the ALCE.

However, in line with the results obtained in the ALCE and TIMSS 2019, only 5.1% and 0.5% of students reached levels 5 and 6 on the PISA scale, respectively. According to the PISA 2018 grading rubric, levels 5 and 6 demand the mastery of skills of higher complexity, in which students are able, for example, to “apply their knowledge of and about science autonomously and creatively to a wide variety of situations, even the least familiar” (Lourenço et al. 2019, p. vii).

For Soobard and Rannikmäe (2011), a small number of individuals were expected to occupy higher levels in assessments that addressed all levels of scientific literacy. The authors argue that “it is not yet clear whether students are capable to give answers at higher levels of scientific literacy where questions require this, or whether students are not able to answer at this level” (Soobard and Rannikmäe 2011, p. 141).

The results of the ALCE are close to those shown in the studies of Oliveira and Silva-Forsberg (2012) and Özdem et al. (2010), who applied an adapted version of the Test of Basic Scientific Literacy—developed by Laugksch and Spargo (1996), and based on the same assumptions of Miller’s (1983) scientific literacy that were used for the construction of the ALCE—to Brazilian and Turkish primary school students, respectively. In Oliveira and Silva-Forsberg’s (2012) study, while 66% of the students achieved at least the minimum number of correct answers to be classified as being scientifically literate, only 23.5% obtained ratings at the higher levels of satisfactory, good and very good. In the research of Özdem et al. (2010), on the other hand, the authors identified that the student respondents had a moderate level of scientific literacy.

When compared with other studies whose objective was to assess the scientific literacy of students in the third cycle of basic education, or of similar school years (Coppi and Sousa 2019; Jufri et al. 2019; Koedsri and Ngudgratoke 2018; Rachmatullah et al. 2016; Vizzotto et al. 2020), it is evident that the ALCE results are more positive than the others, since they all revealed that the majority of the students assessed did not obtain the minimum correctness on the items of the instruments to be considered as being scientifically literate. It should be noted, however, that the contexts of application, the assessment instruments used and the number of participants of these studies were not the same as those of the present study. Coppi and Sousa (2019), for example, applied the Test of Basic Scientific Literacy in 189 ninth-grade students from a private school in Brazil. Vizzotto et al. (2020) applied a simplified version of the Test of Basic Scientific Literacy in 125 ninth-grade students from a public school, convened with the Federal University of Rio Grande. Rachmatullah et al. (2016), in Indonesia, applied the Scientific Literacy Assessment in 223 students of the third cycle of basic education. And, Koedsri and Ngudgratoke (2018) applied a scientific literacy assessment instrument, built by the authors themselves, to 270 ninth-grade students from a school in Thailand.

3.2. Scientific Literacy Level According to the Variable Sex

No significant differences were found in the average level of scientific literacy between male and female students. Moreover, when analysing the amount of scientifically literate male and female students, presented in Table 4, it is observed that there are slightly more boys than girls, 169 (33%) and 162 (31%), respectively. However, when analysing the number of male and female students at the two highest levels of the scale (high and very high), it can be observed that the number of boys is greater than that of girls, 45 and 32, respectively.

These results are consistent with those presented in the PISA 2018 (Lourenço et al. 2019) and TIMSS 2019 reports, in which the mean score of boys was higher than that of girls, being significant in the case of TIMSS (Duarte et al. 2020). However, they contradict the trend in the average performance results of OECD participant countries and TIMSS 2019 countries, in which girls have the highest average scores in science tests.

3.3. Scientific Literacy Level According to the Variable Failure in the Subjects of Natural Sciences and Physical Chemistry

With regard to the characteristics of the scientifically literate students in relation to the variable failure in the subjects of natural sciences and physical chemistry, Table 4 shows that most of the scientifically literate students were those who never failed the two subjects, 61% and 59%, respectively. Nevertheless, considering the difference in the average level of scientific literacy between the groups, significant differences were observed only between the average of the students who had failed the subject of physical chemistry and those who had not failed it. The average scientific literacy level of students who had not failed the subject physical chemistry ($M = 2.80$; $SD = 0.74$) in previous years was significantly higher [$t(514) = -2.702$, $p < 0.01$] than that of students who had already failed it ($M = 2.51$; $SD = 0.67$).

Several studies related to the effects of school failure show that it does not promote benefits, but on the contrary, produces negative effects on students' performance (Rebelo 2009). Jimerson and Ferguson (2007), for example, analysed the school performance of students in the fourth, fifth, eighth, tenth and eleventh grades and found that retained students obtained, on average, significantly lower performances than those who passed. Fernandes et al. (2018), meanwhile, analysing the school performance of Brazilian students at the end of primary education, a cycle equivalent to the end of the third cycle of basic education in Portugal, showed that the higher the number of failures, the lower the students' school performance. The authors also revealed that the variable with the greatest weight on students' school performance was school failure, showing a negative association with it (Fernandes et al. 2018).

Moreira et al. (2010), for their part, claim that retention is a more predictive factor than socio-economic and cultural background, arguing that in the PISA 2006 science test there was a 44-point difference in favour of the group of non-retained Portuguese students in the mean score of the science test, in relation to students who had already been retained once, twice or three times.

3.4. Scientific Literacy Level According to the Variable Liking for the Subjects of Natural Sciences and Physical Chemistry

The results presented in Table 4 reveal that, for the subjects of natural sciences and physical chemistry, the largest number of scientifically literate students belongs to the groups of students who like the subjects. It is also observed that, for both subjects, the number of students who like them a lot and who adore them is greater than those who do not like them or do not like them very much.

Regarding the distribution of students' scientific literacy levels on the variable of a liking for the subject of natural sciences, statistically significant differences [$F(4, 511) = 5.463$, $p < 0.001$] were found for the mean literacy level of students who were in the five categories of the liking for the subject. The analysis revealed that the average level of scientific literacy

of students who adored the subject of natural sciences ($M = 3.05$; $SD = 0.75$) was significantly higher ($p < 0.01$, $p < 0.05$ and $p < 0.05$, respectively) than the students who only liked it ($M = 2.70$; $SD = 0.72$), did not like it very much ($M = 2.67$; $SD = 0.72$) or did not like the subject ($M = 2.41$; $SD = 0.51$) (Figure 2).

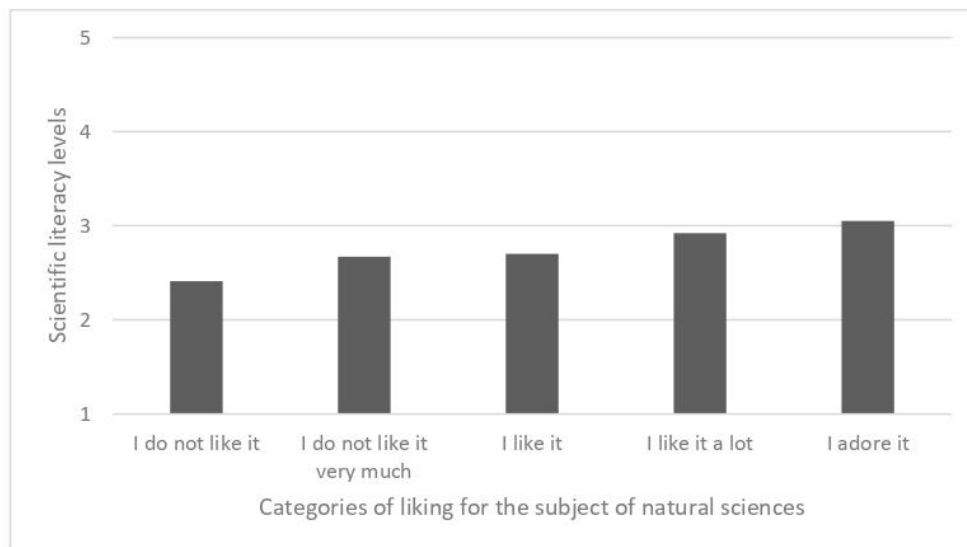


Figure 2. Students' scientific literacy levels by category of a liking for the subject of natural sciences. Source: elaborated upon by the authors.

Statistically significant results were also found in the case of the physical chemistry subject [$F(4, 511) = 8.39$, $p < 0.001$]. The average scientific literacy level of students who liked it ($M = 2.70$; $SD = 0.72$), liked it a lot ($M = 2.92$; $SD = 0.74$) and adored the subject ($M = 3.05$; $SD = 0.75$) was significantly higher ($p \leq 0.05$, $p < 0.001$ and $p < 0.001$, respectively) than that of students who did not like it ($M = 2.41$; $SD = 0.51$). The mean of students who liked it a lot ($M = 2.92$; $SD = 0.74$) and adored physical chemistry ($M = 3.05$; $SD = 0.75$) was also statistically significantly higher ($p < 0.001$, and $p < 0.01$, respectively) than that of students who did not like it very much ($M = 2.67$; $SD = 0.72$). And, the mean of students who liked the subject a lot ($M = 2.92$; $SD = 0.74$) was also statistically significantly higher than that of students who only liked it ($M = 2.70$; $SD = 0.72$) (Figure 3).

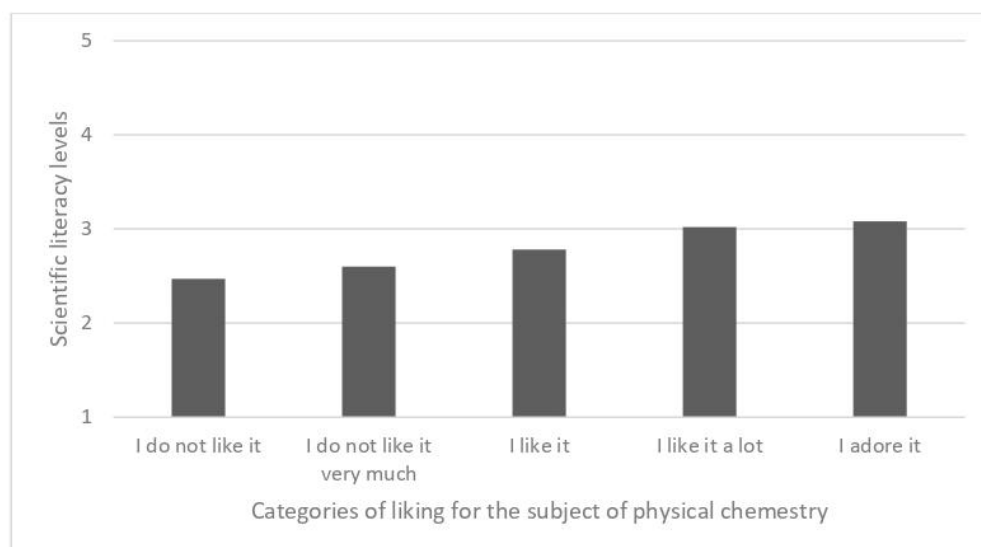


Figure 3. Students' scientific literacy levels by category of a liking for the subject of physical chemistry. Source: elaborated upon by the authors.

To a certain degree, the observed result was expected. The positive impact of the student's motivational effect on their performance has already been described in the literature (Cavalcanti 2009; Kpolovie et al. 2014; Oliveira 2021). According to Kpolovie et al. (2014), students' interest is directly related to their choices of engagement with subjects and the study time devoted to them, for example. Consequently, students tend to dedicate more and make an effort to study the subjects that they enjoy the most.

The study of Cavalcanti (2009) supports the above. According to the author, the student's interest in learning was the factor that showed the most positive and moderate correlation index with the intrinsic motivation to learn. Corroborating this, Silva et al. (2018), in research in which they analysed the relationship between liking chemistry and the students' difficulty in the subject, conclude that the students' positive or negative relationship with the subject is closely linked to their learning. This means that in the same way that liking the subject of chemistry facilitates students' learning, the reverse is also true, that is, the fact that the student does not like the subject will make it difficult for them to understand it. Furthermore, Pereira (2019), analysing a liking for science, measured through interest and enjoyment when learning and carrying out assignments in science and liking to read about scientific content, evidenced that the more students demonstrate these behaviours, the better their performance in science subjects.

3.5. Scientific Literacy Level According to the Course Option in Secondary Education

Regarding the characteristics of the scientifically literate students with reference to the variable course option in secondary education, it can be observed in Table 4 that most of the scientifically literate students intended to choose the science and technology course (27%), followed by professional courses (14%), languages and humanities course (10%), socio-economic sciences course (7%) and visual arts course (5%). However, considering the difference in the average level of scientific literacy between the groups intending or not to choose these courses in secondary education, significant differences were found only between the mean of students who did or did not intend to choose the science and technology course and the vocational courses.

The average scientific literacy level of students intending to choose the science and technology course ($M = 3.08$; $SD = 0.73$) was statistically higher [$t(514) = 323.50$, $p < 0.001$] than that of students not intending to choose it ($M = 2.62$; $SD = 0.69$). Conversely, the average scientific literacy level of students aspiring to opt for vocational courses ($M = 2.48$; $SD = 0.68$) was statistically lower [$t(514) = -6.234$, $p < 0.001$] than that of students not intending to pursue such courses ($M = 2.90$; $SD = 0.73$).

The data reinforce the previous results related to the students' liking for the subjects of natural sciences and physical chemistry. Moreover, these results are in line with the conclusions of the studies of de Camargo et al. (2011), Nascimento-Schulze et al. (2006) and Vizzotto and Del Pino (2020), which identified an interest for the scientific-technological context as being one of the factors that best explained the difference in students' performance in scientific literacy tests. They are also supported by the research of Noronha and Ambiel (2009), who demonstrated the existence of relationships between the variables school performance and professional interests of the sample studied, and the Portuguese PISA 2018 report, which showed that 48% of boys with high performance in science intend to follow a profession in science and engineering and, in the case of girls, only 15% think of choosing this area (Duarte et al. 2020).

3.6. Scientific Literacy Level According to Socio-Economic Level of the Schools

The results shown in Table 4 reveal that approximately one third of the scientifically literate students study in schools with an intermediate socio-economic level (33%), followed by those studying in schools with unfavourable (16%) and favourable (15%) socio-economic levels, respectively. Moreover, the results of the ANOVA involving the scientific literacy level and the variable socio-economic level of the schools revealed statistical differences between students belonging to schools with favourable and unfavourable socio-economic

contexts [$F(2, 513) = 3.32, p < 0.05$]. On average, the scientific literacy level of students studying in schools with a favourable socio-economic background ($M = 2.93$; $SD = 0.77$) was statistically higher ($p < 0.05$) than the level of students whose background was unfavourable ($M = 2.69$; $SD = 0.65$). There was no significant difference between the average scientific literacy level of students from schools with an intermediate socio-economic background ($M = 2.76$; $SD = 0.76$) and those with unfavourable and favourable levels.

In Portugal, there is constant concern regarding the socio-economic equity of students. The effect of the school's socio-economic background on students' achievements, related to timely conclusion and success in national tests, is one of the factors that has been explored by the Directorate for Statistics on Education and Science of Portugal. In the last report on school achievement and equity available, it was observed that, in the third cycle of basic education, the results of students from schools with an unfavourable socio-economic context were slightly lower than those from schools with a favourable context (DGEEC 2023). Furthermore, according to the 2022 report, although the differences are not very expressive, schools in more favourable socio-economic contexts also tend to show slightly higher results in the educational achievement of students compared with those from unfavourable socio-economic backgrounds (DGEEC 2022).

According to the 2021 and 2022 reports, the impact of the school's socio-educational context has also been observed in international studies (DGEEC 2021, 2022). Studies and reports of international assessments, such as PISA and TIMSS, show that socio-economically disadvantaged students have a greater tendency to obtain lower performances, to repeat school years and to show early school leaving, when compared to their peers (Savvides et al. 2021; Sudbrack and Fonseca 2021).

According to the PISA 2018 report (Lourenço et al. 2019), in Portugal, "the probability that a student from among the 25% most disadvantaged obtain a score below proficiency level 2 is approximately three times higher than that of a student with higher socio-economic status obtaining that score" (p. VIII). Furthermore, the difference between the economic, social and cultural statuses (ESCS) of the most-advantaged and least-advantaged students, that is, those with an ESCS above the 95th percentile of the socio-economic and cultural status distribution and those with an ESCS below the 5th percentile, respectively, is 3.6 points. This difference is above the 2.9 points of the OECD countries as a whole, positioning Portugal among the countries with the greatest economic, social and cultural disparity in terms of ESCS distribution (Lourenço et al. 2019).

In the TIMSS 2019 report (Duarte et al. 2020), the results were similar. It was found that, in the science assessment, Portuguese students from schools with a more-advantaged socio-economic composition scored, on average, 34 points more than students attending more-disadvantaged schools, 16 points less than the average of the participating countries. In the present study, and analogous to the results of the scientific literacy level, there was a significant difference [$F(2, 513) = 3.23, p < 0.05$] only between the mean score of the correct answers of students coming from schools with favourable ($M = 17.32$; $SD = 5.14$; $p < 0.05$) and unfavourable socio-economic status ($M = 15.79$; $SD = 4.11$), with the former being higher than the latter.

Furthermore, several studies have demonstrated the association between socio-economic inequalities and high levels of school failure (Azevedo 2021; Couto et al. 2020; Jaloto and Primi 2021; Melo et al. 2021; Pinto 2021; Sudbrack and Fonseca 2021). Jaloto and Primi (2021), for example, state that in all of the studies reviewed in their research, socio-economic status was positively associated with student performance. They further reiterate that "this shows that academic performance in general has been associated with the resources (whether cultural or material) available to the student's family" (Jaloto and Primi 2021, p. 138).

For Azevedo (2021), socio-economic inequalities have a very clear expression in the education system, translating into high levels of failure and early school leaving. Corroborating this idea, the results of the study by Melo et al. (2021) show that the socio-economic status of families has a strong relationship with student performance, reflecting

such an association. Similarly, the research of [Couto et al. \(2020\)](#) revealed that students' families' socio-economic status and socio-economic level of the school have significant predictive power regarding students' performance in science, mathematics and reading, whose explained variation ranges between 20% and 24%, depending on the domain.

3.7. Multiple Linear Regression Analysis

Finally, multiple linear regression analysis also resulted in a statistically significant model [$F(10, 505) = 8.13$; $p < 0.001$; $R^2 = 0.14$]. It was noticed that only the variables opting for vocational courses ($\beta = -0.171$; $t = -3.27$; $p < 0.01$), opting for a science and technology course ($\beta = 0.159$; $t = 2.81$; $p < 0.01$) and a liking for the physical chemistry subject ($\beta = -0.138$; $t = -2.73$; $p < 0.01$) were predictors of students' scientific literacy level, according to the following formula: ($y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3$): scientific literacy level = $2.31 - 0.28 \times (\text{opting for vocational courses}) + 0.25 \times (\text{opting for the science and technology course}) + 0.10 \times (\text{a liking for the physical chemistry subject})$.

It can be observed that, among the three independent variables, opting for vocational courses explains a major percentage of the variation in the dependent variable, scientific literacy level, 17.1%, followed by the variables opting for a science and technology course and a liking for the subject of physical chemistry, which were 15.9% and 13.8%, respectively. As previously reported, there were statistically significant differences between the average scientific literacy level of the students when analysed in relation to these three variables, corroborating the discussion of the latter data.

However, it is worth noting that this multiple linear regression model is able to explain, approximately, 15% of variability in the scientific literacy level of the ALCE student respondents, showing that other factors that were not analysed in this study could be more efficient in predicting it, such as the study time for the two subjects and the interest in answering the instrument, for example. It was expected that the socio-economic level of the school would also be one of the factors that could predict the students' scientific literacy levels and back up the study of [Couto et al. \(2020\)](#). Nevertheless, this fact was not verified, strengthening the idea that other variables can better explain and predict the students' scientific literacy levels.

4. Conclusions

In order to produce a balance of the students' scientific literacy levels at the end of the third cycle of Portuguese basic education, this study applied the ALCE instrument to 516 students in the ninth grade from 20 public schools in mainland Portugal. The results showed that 49.4% were classified as being at the moderate level, 35.7% were classified at the low level, 14.3% were classified at the high level, 0.6% were classified at the very high level of scientific literacy and 64.14% were classified as being scientifically literate.

When analysing the differences between the average scientific literacy level of the students and the independent variables considered, it was noticed that there were statistically significant differences for the following variables: failure in the subject of physical chemistry, in which the average of those who had not failed was higher than that of students who had already failed; a liking for the subjects of natural sciences and physical chemistry, whereby, as this increases, the higher the average scientific literacy level is; course option in secondary education, whereby students opting for the science and technology course and those not opting for vocational courses obtained the highest average; and socio-economic level of the school, revealing that the average of students from schools whose socio-economic level was favourable was higher than that of students studying in schools where the socio-economic level was unfavourable.

Among all of the variables investigated, the only ones which proved to be capable of predicting the students' scientific literacy level, according to the multiple linear regression analysis, were as follows: opting for vocational courses, opting for the science and technology course and a liking for the physical chemistry subject. Although this is a correlational study, which ought to be free of casual inference, from these results, it is possible to infer

that the area that they intended to continue studying, related to their professional interests, and the liking for the subjects might be associated with better development in students' scientific literacy skills and could be taken into consideration by school institutions and the government in an attempt to improve science teaching in this educational cycle.

In summary, the results are positive and similar to those verified in external assessments and in other studies assessing scientific literacy in this education cycle or similar. However, it should be noted that approximately one third of the students assessed did not obtain the minimum number of correct answers to be classified as being scientifically literate. Taking into account that these students may not opt for a science and technology course in secondary education, this fact becomes even more relevant, since they, at least during the rest of compulsory education, will no longer have contact with subjects aimed at developing scientific literacy.

This study aimed to address the need for research related to the assessment of scientific literacy and the development of new assessment instruments, as referred to in the systematic literature review conducted by [Coppi et al. \(2023\)](#). The collection and presentation of these data are of great importance at local and national levels in order to produce diagnostic indicators about the situation of science teaching in Portugal, with regard to scientific literacy, so that measures can be taken to improve it. In the international as well as national context, the results of this study and similar studies may contribute to the establishment of comparisons and correspondences, and encourage the development of new instruments capable of assessing students' scientific literacy.

The study did not include analyses comparing the students' scientific literacy levels with their respective school grades in the subjects of natural sciences and physical chemistry. This limitation was due to some reasons, such as the time of year that the instrument was applied, in which the schools did not yet have the students' final grades, the bureaucracy required for accessing this type of information and, mainly, as a result of the application format (online) due to the pandemic caused by COVID-19, which made it impossible for researchers to go to schools to code the students. It is therefore suggested that further studies be able to produce this analysis, since it may provide data and information about the way in which scientific literacy is assessed in these subjects, verifying whether or not there is a correlation between the students' scientific literacy levels and their grades, contributing to the debate on the scientific literacy level of students in the third cycle of basic education and, consequently, collaborating towards an improvement in scientific and technological education in schools in Portugal.

A further limitation refers to the fact that this study did not address the potential impact of the results of applying the ALCE to teachers' classroom practice. It is therefore suggested that future research could establish such an analysis by relating, for example, the results of the students' performance in the ALCE with the students' final averages in the subjects of natural sciences and physical chemistry. Similarly, future studies may, for example, carry out case studies in order to compare the classroom practices of natural sciences and physical chemistry teachers between the schools whose students obtained the highest and the lowest levels of scientific literacy.

The possible limitation related to the format of the item chosen can also be highlighted. Although experts in item development advise the use of true-false items for educational tests and that the validation process of the instrument have a "don't know" option added to true-false items, this item format is highly criticised by researchers for, from their perspective, encouraging the memorisation of trivial facts and, especially, for the high percentage (50%) of random correct answers in the items. It is suggested, therefore, that the option "don't know" be well explained by the teachers who apply the instrument and students be encouraged to answer with it when they are not sure of the correct answer, and that certain caution be taken in the use of the assessment results.

Finally, considering that the linear regression model presented in this study is able to explain 15% of the variability in the students' level of scientific literacy, it is suggested that future studies investigate factors that can more efficiently explain this variability.

Author Contributions: Conceptualization, M.C. (Marcelo Coppi), I.F. and M.C. (Marília Cid); methodology, M.C. (Marcelo Coppi); software, M.C. (Marcelo Coppi); validation, M.C. (Marcelo Coppi), I.F. and M.C. (Marília Cid); formal analysis, M.C. (Marcelo Coppi); investigation, M.C. (Marcelo Coppi); resources, M.C. (Marcelo Coppi), I.F. and M.C. (Marília Cid); data curation, M.C. (Marcelo Coppi); writing—original draft preparation, M.C. (Marcelo Coppi); writing—review and editing, M.C. (Marcelo Coppi); visualization, M.C. (Marcelo Coppi), I.F. and M.C. (Marília Cid); supervision, I.F. and M.C. (Marília Cid); project administration, M.C. (Marcelo Coppi); funding acquisition, M.C. (Marcelo Coppi), I.F. and M.C. (Marília Cid). All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This work was funded by national funds through the FCT—Foundation for Science and Technology—IP, within the scope of the research grant, reference UI/BD/151034/2021. The APC was funded by national funds through the FCT, within the scope of the project UIDB/04312/2020.

Institutional Review Board Statement: Not applicable.

Informed Consent Statement: Informed consent was obtained from all of the subjects involved in the study.

Data Availability Statement: Not applicable.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses or interpretation of data; in the writing of the manuscript or in the decision to publish the results.

References

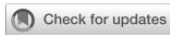
- Anderson, Lorin, David Krathwohl, Peter Airasian, Katheleen Cruikshank, Richard Mayer, Paul Pintrich, James Raths, and Merlin Wittrock. 2001. *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York: Addison Wesley Longman.
- Azevedo, Joaquim. 2021. A qualidade da educação na perspectiva dos excluídos da escola. In *(Re)pensar a Qualidade das Organizações Educativas: Olhares Sobre a Educação Básica, Secundária e Superior*. Edited by Manuela Gonçalves, Dora Fonseca, António Neto-Mendes, Alexandre Ventura and Jorge Adelino Costa. Aveiro: UA Editora, pp. 27–50.
- Cavalcanti, Maria Mônica Pinheiro. 2009. A Relação Entre Motivação para Aprender, Percepção do Clima de Sala de aula Para Criatividade e Desempenho Escolar de Alunos do 5º ano do Ensino Fundamental. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, Brazil. Available online: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/4399> (accessed on 1 August 2022).
- Coppi, Marcelo Alves, and Clarilza Prado Sousa. 2019. Estudo da alfabetização científica dos alunos do 9º ano do ensino fundamental de um Colégio Particular se São Paulo. *Debates Em Educação* 11: 169–85. [CrossRef]
- Coppi, Marcelo Alves, Isabel Fialho, and Marília Cid. 2022. Evidências de validade baseadas no conteúdo de um instrumento de avaliação da literacia científica. *Cadernos de Pesquisa* 29: 99–127. Available online: <https://periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/cadernosdepesquisa/article/view/17211/11126> (accessed on 20 July 2022).
- Coppi, Marcelo, Isabel Fialho, and Marília Cid. 2023. Scientific literacy assessment instruments: A systematic literature review. *Educação Em Revista* 39: e37523. [CrossRef]
- Couto, Alcino Pinto, Patrícia Costa, and Maria Eugénia Ferrão. 2020. Territorial differences in student performance in Portugal: The role of family characteristics and school composition. *Revista Portuguesa de Estudos Regionais* 57: 89–103.
- DEB. 2001. *Orientações Curriculares Para o 3º ciclo do Ensino Básico—Ciências Físicas e Naturais*; Lisboa: Ministério da Educação.
- DeBoer, George. 2000. Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching* 37: 582–601. [CrossRef]
- de Camargo, Andrea Norema Bianchi, Fabiana Dias Pilar, Marcus Eduardo Maciel Ribeiro, Mirian Fantinel, and Maurivan Guntzel Ramos. 2011. Alfabetização científica: A evolução ao longo da formação de licenciandos ingressantes, concluintes e de professores de química. *Momento Diálogos Em Educação* 20: 19–29.
- Despacho normativo n.º 1-F/2016 do Ministério da Educação. 2016. Diário da República, 2.ª série-N.º 66-5 de abril de 2016. Available online: http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Noticias_Imagens/2016_dn_1f.pdf (accessed on 13 June 2023).
- DGE. 2018a. Aprendizagens Essenciais, Articulação com o Perfil dos Alunos—Ciências Naturais-7.º ano-3.º ciclo do Ensino Básico. Available online: http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/ciencias_naturais_3c_7a_ff.pdf (accessed on 4 March 2022).
- DGE. 2018b. Aprendizagens Essenciais, Articulação com o Perfil dos Alunos—Ciências Naturais-8.º ano-3.º ciclo do Ensino Básico. Available online: http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/ciencias_naturais_3c_8a_ff.pdf (accessed on 4 March 2022).
- DGE. 2018c. Aprendizagens Essenciais, Articulação com o Perfil dos Alunos—Ciências Naturais-9.º ano-3.º ciclo do Ensino Básico. Available online: http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/ciencias_naturais_3c_9a_ff.pdf (accessed on 4 March 2022).

- DGE. 2018d. Aprendizagens Essenciais, Articulação com o Perfil dos Alunos—Físico-Química-7.º ano-3.º ciclo do Ensino Básico. Available online: http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/fisico-quimica_3c_7a_ff.pdf (accessed on 4 March 2022).
- DGE. 2018e. Aprendizagens Essenciais, Articulação com o Perfil dos Alunos—Físico-Química-8.º ano-3.º ciclo do Ensino Básico. Available online: http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/fisico-quimica_3c_8a_ff.pdf (accessed on 4 March 2022).
- DGE. 2018f. Aprendizagens Essenciais, Articulação Com o perfil dos Alunos—Físico-Química-9.º ano-3.º ciclo do Ensino Básico. Available online: http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/fisico-quimica_3c_9a.pdf (accessed on 4 March 2022).
- DGEEC. 2021. *Resultados Escolares—Indicador de Equidade \ Ensino Básico e Secundário—2019*; Lisboa: DGEEC.
- DGEEC. 2022. *Resultados Escolares: Sucesso e Equidade \ Ensino Básico e Secundário*; Lisboa: DGEEC.
- DGEEC. 2023. *Resultados Escolares: Sucesso e Equidade \ Ensino Básico e Secundário*; Lisboa: DGEEC.
- Duarte, Alexandra, Alexandra Nunes, Joana Tavares, Madalena Mota, and Tânia Venâncio. 2020. *TIMSS 2019—Portugal. Resultados a matemática e a ciências—8.º ano—Volume 2*. Lisboa: IAVE. [CrossRef]
- Ebel, Robert, and David Frisbie. 1991. *Essentials of Educational Measurement*, 5th ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall International, Inc.
- Fernandes, Luana de Mendonça, Vanessa Barbosa Romera Leme, Luciana Carla dos Santos Elias, and Adriana Benevides Soares. 2018. Preditores do desempenho escolar ao final do ensino fundamental: Histórico de reprovação, habilidades sociais e apoio social. *Temas Em Psicologia* 26: 215–28. [CrossRef]
- Galvão, Cecília, Sofia Freire, Cláudia Faria, and Mónica Baptista. 2017. *Avaliação do Currículo das Ciências Físicas e Naturais: Percursos e Interpretações*. Lisboa: Instituto de Educação da Universidade de Lisboa.
- Ghiglione, Rodolphe, and Benjamin Matalon. 1992. *O Inquérito. Teoria e Prática*. Oeiras: Celta Editora.
- Hill, Manuela Magalhães, and Andrew Hill. 2005. *Investigação por questionário*. Lisboa: Edições Sílabo.
- Jaloto, Alexandre, and Ricardo Primi. 2021. Fatores socioeconômicos associados ao desempenho no Enem. *Em Aberto* 34: 125–41. Available online: <http://www.emaberto.inep.gov.br/ojs3/index.php/emaberto/article/view/5002> (accessed on 24 August 2022).
- Jimerson, Shane, and Phillip Ferguson. 2007. A longitudinal study of grade retention: Academic and behavioural outcomes of retained students. *School Psychology Quarterly* 14: 314–39. [CrossRef]
- Jufri, Abdul Wahab, Alifman Hakim, and Agus Ramdani. 2019. Instrument development in measuring the scientific literacy integrated character level of junior high school students instrument development in measuring the scientific literacy integrated character level of junior high school students. *International Seminar on Science Education* 1233: 012100. [CrossRef]
- Koedsri, Anusorn, and Sungworn Ngudgratoke. 2018. Diagnostic assessment of scientific literacy of lower secondary school students using g-dina model. Paper presented at the Re-Thinking Teacher Professional Education: Using Research Findings for Better Learning—61st World Assembly ICET 2017, Brno, Czechia, June 28–30; pp. 268–73.
- Kpolovie, Peter James, Andy Igbo Joe, and Tracy Okoto. 2014. Academic achievement prediction: Role of interest in learning and attitude towards school. *International Journal of Humanities, Social Science and Education* 1: 73–100.
- Laugsch, Rüdiger, and Peter Spargo. 1996. Construction of a paper-and-pencil test of basic scientific literacy based on selected literacy goals recommended by the american association for the advancement of science. *Public Understanding of Science* 5: 331–59. [CrossRef]
- Lourenço, Vanda, Alexandra Duarte, Alexandra Nunes, Ana Amaral, Conceição Gonçalves, Madalena Mota, and Rosário Mendes. 2019. PISA 2018—Ortugal. Relatório Nacional. 156. Available online: http://www.pnl2027.gov.pt/np4/file/1205/RELATORIO_NACIONAL_PISA2018_IAVE.pdf (accessed on 26 July 2021).
- Marôco, João, Conceição Gonçalves, Vanda Lourenço, and Rosário Mendes. 2016. *PISA 2015—Portugal. Volume I: Literacia Científica, Literacia de Leitura & Literacia Matemática*. Lisboa: IAVE.
- Martins, Guilherme d'Oliveira, Carlos Alberto Sousa Gomes, Joana Maria Leitão Brocardo, José Vítor Pedroso, José León Acosta Carrilho, Luísa Maria Ucha Silva, Maria Manuela Guerreiro Alves da Encarnação, Maria João do Vale Costa Horta, Maria Teresa Carmo Soares Calçada, Rui Fernando Vieira Nery, and et al. 2017. *Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória*; Lisboa: Ministério da Educação e Ciência—DGE.
- Melo, Rafael Oliveira, Anne Caroline de Freitas, Eduardo de Rezende Francisco, and Marcelo Tadeu Motokane. 2021. Impacto das variáveis socioeconômicas no desempenho do Enem: Uma análise espacial e sociológica. *Revista de Administração Pública* 55: 1271–94. [CrossRef]
- Miller, Jon. 1983. Scientific literacy: A conceptual and empirical review. *Daedalus* 112: 29–48.
- Ministério da Educação e Ciência. 2022. Estatísticas do Ensino Básico e Secundário. Available online: <https://infoescolas.medu.pt/bds.asp> (accessed on 13 June 2023).
- Moreira, Isabel, Inês Santos, and Joseph Conboy. 2010. A retenção académica e performance a ciências em Portugal evidenciadas no PISA 2006. Available online: <https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/7782/1/MoreiraSantosConboy2010.pdf> (accessed on 30 May 2023).
- Nascimento-Schulze, Clélia Maria, Brígido Camargo, and João Wachelke. 2006. Alfabetização científica e representações sociais de estudantes de ensino médio sobre ciência e tecnologia. *Arquivos Brasileiros de Psicologia* 58: 24–37.

- Noronha, Ana Paula Porto, and Rodolfo Augusto Matteo Ambiel. 2009. Relações entre desempenho escolar e interesses profissionais de estudantes do ensino médio—Desempenho escolar e interesses profissionais. *Psychologica* 50: 277–94. [CrossRef]
- Odegaard, Marianne, Berit Haug, Sonja Mork, and Gard Ove Sorvik. 2015. Budding science and literacy. A classroom video study of the challenges and support in an integrated inquiry and literacy teaching model. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 167: 274–78. [CrossRef]
- OECD. 2017. *PISA 2015—Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic, Financial Literacy and Collaborative Problem Solving*. Paris: OECD Publications.
- Oliveira, Carmem Fruhauf. 2021. Práticas Pedagógicas e Desempenho Escolar no Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brazil. Available online: <https://poseconomia.ufv.br/wp-content/uploads/2022/02/texto-completo-Carmem.pdf> (accessed on 15 October 2022).
- Oliveira, Will Fadul Alencar, and Maria Clara Silva-Forsberg. 2012. Níveis de alfabetização científica de estudantes da última série do ensino fundamental. Atas Do VIII Encontro Nacional de Pesquisa Em Educação Em Ciências—VIII ENPEC, 00–11. Available online: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0671-1.pdf> (accessed on 26 April 2021).
- Özdem, Yasemin, Pinar Çavaş, Bülent Çavaş, Jale Çakıroğlu, and Hamide Ertepinar. 2010. An investigation of elementary students' scientific literacy levels. *Journal of Baltic Science Education* 9: 6–19.
- Pasquali, Luiz. 2009. *Psicometria Teoria dos Testes na Psicologia e na Educação*, 4th ed. Petrópolis: Vozes.
- Pereira, Leonor Rebelo. 2019. Instrução, empenho e desempenho dos alunos em ciências. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Braga, Portugal. Available online: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/62315> (accessed on 12 June 2023).
- Pinto, Andreia Alexandra da Silva. 2021. A Influência das Condições Socioeconômicas das Famílias na Aprendizagem dos/as Alunos/as—Estudo de caso. Dissertação de mestrado, Politécnico de Coimbra, Coimbra, Portugal. Available online: <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/36549> (accessed on 24 August 2022).
- Pinto, Joaquim, Teresa Neto, and Jaime Carvalho e Silva. 2019. Fatores influenciadores do desempenho de estudantes portugueses, singapurenses, holandeses, espanhóis e brasileiros em literacia matemática no PISA: Revisão Integrativa. *Revista de Estudios y Experiencias En Educación* 18: 41–60. [CrossRef]
- Rachmatullah, Arif, Sariwulan Diana, and Nuryani Rustaman. 2016. Profile of middle school students on scientific literacy achievements by using scientific literacy assessments (SLA). *AIP Conference Proceedings* 1708: 1–5. [CrossRef]
- Rebelo, José. 2009. Efeitos da retenção escolar, segundo os estudos científicos, e orientações para uma intervenção eficaz: Uma revisão. *Revista Portuguesa de Pedagogia* 43: 27–52. [CrossRef]
- Saraiva, Leonor. 2017. A aprendizagem das ciências em Portugal: Uma leitura a partir dos resultados do TIMSS e do PISA. *Mediações* 5: 4–18.
- Savvides, Nicola, Sandrina Milhano, Catarina Mangas, Carla Freire, and Sara Lopes. 2021. 'Failures' in a failing education system: Comparing structural and institutional risk factors to early leaving in England and Portugal. *Journal of Education and Work* 34: 789–809. [CrossRef]
- Silva, Rauã Bezerra, Jerônimo Ferreira Mendes, Thainá Maria da Silva Carvalho, and Sanderson Hudson da Silva Malta. 2018. O gostar do aluno e sua dificuldade em química. In *Anais Do Anais Do V Congresso Nacional de Educação—CONEDU*. Campina Grande: Realize Eventos Científicos & Editora.
- Soobard, Regina, and Miia Rannikmäe. 2011. Assessing student's level of scientific literacy using interdisciplinary scenarios. *Science Education International* 22: 133–44. Available online: <https://eric.ed.gov/?id=EJ941672> (accessed on 26 April 2021).
- Sudbrack, Edite Maria, and Dora Maria Ramos Fonseca. 2021. A avaliação em larga escala no bojo da regulação supranacional. In *(Re)pensar a Qualidade das Organizações Educativas: Olhares Sobre a Educação Básica, Secundária e Superior*. Edited by Manuela Gonçalves, Dora Fonseca, António Neto-Mendes, Alexandre Ventura and Jorge Adelino Costa. Aveiro: UA Editora, pp. 149–69.
- Vizzotto, Patrick Alves, and José Cláudio Del Pino. 2020. Medida del nivel de alfabetización científica en alumnos recién ingresados y del último año de los cursos de física. *Revista de Enseñanza de La Física* 32: 21–30.
- Vizzotto, Patrick Alves, Liane Sera Rosa, Valesca de Matos Duarte, and Luiz Fernando Mackedanz. 2020. O uso do Teste de Alfabetização Científica Básica em estudantes do ensino fundamental: Análise da confiabilidade de medida nesse grupo. *Research, Society and Development* 9: e79932447. [CrossRef]
- Wang, Jingying, and Ying Zhao. 2016. Comparative research on the understandings of nature of science and scientific inquiry between science teachers from Shanghai and Chicago. *Journal of Baltic Science Education* 15: 97–108. [CrossRef]
- World Economic Forum. 2015. *New Vision for Education—Unlocking the Potential of Technology*. Geneva: World Economic Forum.
- Yacoubian, Hagop. 2018. Scientific literacy for democratic decision-making. *International Journal of Science Education* 40: 308–27. [CrossRef]

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

**CAPÍTULO 6 - ASSESSING SCIENTIFIC LITERACY: A STUDY
WITH 9TH GRADE STUDENTS IN PORTUGAL**



OPEN ACCESS

EDITED BY
Iztok Devetak,
University of Ljubljana, Slovenia

REVIEWED BY
Rachel Mamlok-Naaman,
Weizmann Institute of Science, Israel
Miha Slapničar,
University of Ljubljana, Slovenia

*CORRESPONDENCE
Marcelo Coppi
✉ mcoppi@uevora.pt

RECEIVED 16 May 2024
ACCEPTED 25 July 2024
PUBLISHED 08 August 2024

CITATION
Coppi M, Fialho I and Cid M (2024) Assessing
scientific literacy: a study with 9th grade
students in Portugal.
Front. Educ. 9:1433919.
doi: 10.3389/feduc.2024.1433919

COPYRIGHT
© 2024 Coppi, Fialho and Cid. This is an
open-access article distributed under the
terms of the [Creative Commons Attribution
License \(CC BY\)](#). The use, distribution or
reproduction in other forums is permitted,
provided the original author(s) and the
copyright owner(s) are credited and that the
original publication in this journal is cited, in
accordance with accepted academic
practice. No use, distribution or reproduction
is permitted which does not comply with
these terms.

Assessing scientific literacy: a study with 9th grade students in Portugal

Marcelo Coppi*, Isabel Fialho and Marília Cid

Center for Research in Education and Psychology of the University of Évora (CIEP-UE), University of Évora, Évora, Portugal

Aiming to assess the scientific literacy level of Portuguese 9th grade students and analyse whether the variables sex, liking for the subjects of Natural Sciences and Physical-Chemistry, failure in these subjects, school socio-economic context and course option were associated to the students' scientific literacy levels, we applied the *Avaliação da Literacia Científica Essencial* (ALCE) instrument to 516 students. Overall, the results showed that the majority of students were at the moderate level and that 64.1% were scientifically literate. Analysing by subtest, we found that in the Nature of Science (NOS) and Impact of Science and Technology on Society (ISTS) subtests, the majority of students were at the moderate level and in the Content of Science (CS) subtest, the majority were at the low level of scientific literacy; whereas 70.0, 72.9, and 39.9% of students were classified as scientifically literate in the NOS, ISTS and CS subtests, respectively. The greatest difficulties were concentrated in the CS subtest, particularly in Biology, Physics and Chemistry. The analysis according to the independent variables shows that the students' scientific literacy level might be associated with their liking for the subjects of Natural Sciences and Physical-Chemistry and their expectations regarding the profession they wish to pursue in the future.

KEYWORDS

ALCE, basic education, content of science, impact of science and technology on society, nature of science, science education, scientific literacy assessment

1 Introduction

Scientific literacy is a term that emerged in 1945 and covers knowledge about science and, above all, its application in real-life and everyday contexts. Defined by the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) as "the ability of an individual to engage in science-related issues and to understand scientific ideas as a reflective citizen being able to explain phenomena scientifically, evaluate and design scientific investigations, interpret data and evidence scientifically" (Duarte et al., 2023, p. 25), scientific literacy gained momentum after the 1980s, when changes in science curricula in various countries began to take place in order to correspond to its assumptions (Coppi et al., 2023c).

Portugal belonged to this group of countries and began a process of curriculum reorganisation in the 2001/2002 school year, adopting the concept of Flexible Curriculum Management, with emphasis on replacing learning objectives with competences and creating the subject area of Physical and Natural Sciences, organised around four themes (Earth in Space, Earth in Transformation, Sustainability on Earth and Living Better on Earth). Between some advances and setbacks, this process culminated in two curriculum documents: the Students' Profile by the End of Compulsory Schooling and the Essential Learnings of the

various subjects that make up the Portuguese curriculum. In the area of Physical and Natural Sciences, represented in the 3rd cycle of basic education by the subjects of Natural Sciences and Physical-Chemistry, this set of curricular reforms established new organisational guidelines and curricular designs for science teaching (Coppi et al., 2023c).

The Students' Profile by the End of Compulsory Schooling is made up of a "common matrix for all schools and educational offers within the scope of compulsory education, namely at the curricular level, in the planning, implementation and internal and external evaluation of teaching and learning," establishing itself as a benchmark for decision-making by educational stakeholders in Portuguese educational establishments (Martins et al., 2017, p. 1). Although it is a general document, it refers to aspects that encompass the subjects of Natural Sciences and Physical-Chemistry, such as the association between scientific and technological knowledge with safety and the sustainability of society.

Even though the Students' Profile by the End of Compulsory Schooling does not specify the term scientific literacy, the document indicates that school should be the place where students acquire multiple literacies and must be reconfigured in order to respond to current demands and requirements. In this sense, albeit indirectly, the development of scientific literacy is included in the Students' Profile by the End of Compulsory Schooling, since it specifies that school education should enable students to intervene in society and participate in current debates on environmental, social and ethical issues in an active, conscious and responsible way (Martins et al., 2017).

The Essential Learnings for Natural Sciences, as in the Students' Profile by the End of Compulsory Schooling, does not explicitly mention the term scientific literacy. However, they do include the development of scientific literacy skills, since they clarify that the subject of Natural Sciences aims to develop

a general and comprehensive understanding of the main ideas and explanatory structures of Earth and Life Sciences, aspects of the History and Nature of Science, scientific research procedures, as well as questioning human behaviour towards the world and the impact of science and technology on the environment and living beings (DGE, 2018a, p. 1; DGE, 2018b, p. 1; DGE, 2018c, p. 1).

As for the Essential Learnings for Physical-Chemistry it categorically states that "the subject of Physical-Chemistry in basic education aims to contribute to the development of students' scientific literacy" (DGE, 2018d, p. 1; DGE, 2018e, p. 1; DGE, 2018f, p. 1). According to these documents, by the end of the 3rd cycle of basic education, students should have acquired competences that allow them to understand scientific processes and phenomena that enable them to make informed decisions in order to exercise active and participatory citizenship (DGE, 2018d,e,f).

It is evident that the two curricular documents in force in Portugal for science teaching in the 3rd cycle of basic education aim to develop students' scientific literacy by the end of the cycle. According to Duarte

et al. (2023), a scientifically literate individual has a diverse set of competences that allow them to explain phenomena and interpret data and evidence scientifically; to evaluate and design scientific investigations and, consequently, to participate in an informed discussion about science and technology. Furthermore, the OECD recognises an affective element in these competences, in which the individual's attitudes and predispositions towards science are capable of influencing their level of interest, sustaining their involvement and motivating them to act (OECD, 2019).

Regarding the assessment of students' scientific literacy levels, there are two major international studies that include this assessment: the Programme for International Student Assessment (PISA) and the Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS). PISA, developed and coordinated by the OECD since 2000, is a triennial study that assesses the knowledge and skills of 15-year-old students in Science, Mathematics and Reading. The Science test assesses the literacy skills of students in this age group (Duarte et al., 2023).

In the last edition, 78.2% of Portuguese students achieved level 2 proficiency in scientific literacy, which is higher than the OECD mean of 75.5% (Duarte et al., 2023). This means that, "at the very least, these students are able to recognise the correct explanation for familiar scientific phenomena and are able to use this knowledge to identify, in simple cases, whether a conclusion is valid on the basis of the data provided" (Duarte et al., 2023, p. VII).

Meanwhile, TIMSS, promoted by the International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA) since 1995, is a quadrennial study that assesses the Science and Mathematics literacy of 4th and 8th grade students (IEA, 2017). In its latest edition, regarding to the results of the 8th grade assessment, 73% of Portuguese students reached the intermediate performance level on the TIMSS scale (Duarte et al., 2020), therefore being able to interpret "information from tables, graphs and pictorial diagrams to formulate conclusions; apply knowledge to practical situations and express what they have understood through brief descriptive answers" (IAVE, 2019, p. 13).

Due to the rigorous technical procedures implemented in the definition of the benchmarks, the sampling processes, the selection of the schools and students involved and the development and validation of the items, the quality of both studies is recognised worldwide and their results are of great value to the participating countries. The national reports reveal indicators that make it possible to contextualise, explain and compare the results achieved and identify variables that contribute positively or negatively to student success. These indicators might be used to provide a diagnosis and evaluate the respective education systems and contribute to the discussion on the quality of education in these countries, as is the case in Portugal (Marôco et al., 2016).

At national level, there are few instruments and studies that assess students' level of scientific literacy. One of the few studies carried out in Portugal, Coppi et al. (2023b) developed and validated the *Avaliação da Literacia Científica Essencial* (ALCE) instrument, designed to assess the scientific literacy level of students at the end of the 3rd cycle of basic education. After applying the instrument to 9th grade students, the Coppi et al. (2023a) observed that 64.1% of the students were classified as scientifically literate. It is worth noting that the ALCE is capable of assessing the overall scientific literacy level and for each subtest that composes it, Nature of Science (NOS), Impact of Science and Technology on Society (ISTS) and Content of Science (CS), although the study only reveals the overall results.

Abbreviations: ALCE, Avaliação da Literacia Científica Essencial; ANOVA, Analysis of variance; CS, Content of Science; ISTS, Impact of science and technology on society; NOS, Nature of science; OECD, Organisation for economic co-operation and development; PISA, Programme for international student assessment; TIMSS, Trends in international mathematics and science study.

Within this context, this study aimed to assess the scientific literacy level of students at the end of the 3rd cycle of Portuguese basic education. To this end, we formulated the following research questions: (1) What is the students' scientific literacy level, overall and by subtest? (2) How many students can be considered scientifically literate, overall and by subtest? (3) Are there statistical differences between the means of the students' scientific literacy level per subtest when compared according to the independent variables *sex*, *liking for the subject of Natural Sciences*, and *liking for the subject of Physical-Chemistry*, *failure in the subject of Natural Sciences* and *failure in the subject of Physical-Chemistry*, *course option in secondary education* and *school socio-economic context*? (4) Which subtests do students have the greatest ease and difficulty doing?

In order to answer these research questions, the study used a questionnaire survey administered to students at the end of the 9th year of basic education at the end of the 2021/2022 school year, between April and June 2022, and subsequent statistical analyses, as described in detail in the following section. We then present the results and discussion, according to the order established for the research questions, and finally provide the conclusions of the study.

2 Methodology

2.1 Instrument

The instrument employed was the ALCE, developed and validated by Coppi et al. (2023b). The ALCE is an instrument made up of 34 interpretative items, in the *true-false-don't know* format, which cover competences in the area of Physical and Natural Sciences in the 3rd cycle of Portuguese basic education. The items are grouped into three subtests, as follows: six items composing the NOS subtest; six items constituting the ISTS subtest; and 22 items forming the CC subtest.

Besides the three subtests that make up the ALCE, this study included two groups of items, one related to the sociodemographic characteristics of the sample, in order to describe it, and the other with covariates, in order to contextualise and compare the students' performance results on the ALCE.

The first group contains four items: (1) sex; (2) age; (3) school year, and (4) school attended. For item 1, there are two answer options, male and female, and for items 2 and 3 and item 4, the students had to enter a numerical value and the name of the school, respectively.

Meanwhile, the second group includes five items: (1) Do you like the subject of Natural Sciences? (2) Have you ever failed the subject of Natural Sciences? (3) Do you like the subject of Physical-Chemistry? (4) Have you ever failed Physical-Chemistry? (5) Which course do you intend to choose in secondary education? Items 1 and 3 used a five-point Likert scale, with one being "I do not like it" and five being "I adore it." Items 2 and 4 were dichotomous, with the answer options "yes" and "no." Finally, item five was multiple choice, with the answer options being "Science and Technology course," "Socio-economic Sciences course," "Languages and Humanities course," "Visual Arts course" and "Vocational courses." We emphasise that the information regarding the school's socio-economic context was obtained from the *Portal Infoescolas*, of the Portuguese Ministry of Education and Science, based on the answer to item 4 of the group of sociodemographic questions. According to the Ministry of Education and Science, schools are divided into three socio-economic contexts:

unfavourable, schools in which more than 50% of students are included in the School Social Action programme; intermediate, schools in which 25 to 50% of students are covered by the programme; and favourable, schools in which less than 25% of students are covered by the School Social Action programme (DGEEC, 2023).

2.2 Avaliação da Literacia Científica Essencial (ALCE) scoring and ranking criteria

The ALCE is scored dichotomously. Therefore, one point is awarded for items answered correctly and zero points for items answered incorrectly or marked as *don't know*.

Regarding the scientific literacy level classification by ALCE subtest, it is based on the percentage and number of correct answers and is divided into five levels: very low, low, moderate, high and very high (Table 1).

Meanwhile, the classification of the students' overall scientific literacy level, although using the same classification levels as above, is obtained by determining the average of the scientific literacy levels of the three subtests (Table 2).

According to the ALCE classification criteria, students who reach at least a moderate level of scientific literacy are considered scientifically literate in the subtests and overall.

2.3 Participants

A total of 516 9th grade students from 20 public schools in mainland Portugal answered the ALCE. The average age of the students was 14.69 years ($SD=0.88$), 257 (49.8%) were female and 259 (50.2%) were male.

2.4 Instrument application procedure

The ALCE was administered digitally using the LimeSurvey software. The students answered the questionnaire in class and in the presence of their teachers. The average response time was 30 min.

Its application was authorised by the Directorate General for Innovation and Curriculum Development, through the School Survey Monitoring System, under registration no. 0740900001.

TABLE 1 Classification levels of scientific literacy by subtest according to the percentage and number of correct answers per subtest.

Levels	Percentage of correct answers	Number of correct answers		
		NOS	ISTS	CS
1 - Very Low	< 20%	≤1	≤1	≤4
2 - Low	20 to 49%	2	2	5 to 10
3 - Moderate	50 to 69%	3 to 4	3 to 4	11 to 15
4 - High	70 to 89%	5	5	16 to 19
5 - Very High	≥ 90%	6	6	≥20

Source: Coppi et al. (2023b).

TABLE 2 Overall scientific literacy classification levels according to the average of the subtest levels.

Levels	Average subtest levels
Very Low	<1.00
Low	1.00 to 2.49
Moderate	2.5 to 3.49
High	3.5 to 4.49
Very High	≥4.5

Source: Coppi et al. (2023b).

2.5 Data analysis procedure

The data was analysed using software SPSS, v. 27, and included descriptive analyses, using measures of central tendency and dispersion, and inferential analyses, using Student's t-test for independent samples and analysis of variance (ANOVA). The descriptive analyses were carried out to characterise the sample, to identify the percentage of correct answers, errors and *don't know* option marked on each item that makes up the ALCE and to determine the students' scientific literacy level.

Meanwhile, Student's t-test was used to analyse the comparison of the means of the students' scientific literacy levels according to the independent variables *sex*, *failure in the subject of Natural Sciences*, *failure in the subject of Physical-Chemistry* and *course option in secondary education*.

Finally, ANOVA, which used Tukey's *post hoc* test, was carried out to compare the means of the students' scientific literacy levels according to the independent variables *liking for the subject of Natural Sciences*, *liking for the subject of Physical-Chemistry*, and *school socio-economic context*. We emphasise that all the prerequisites of the statistical analyses used were met.

3 Results

In order to respond to the objectives of the study, the results are presented in four topics: overall results of the ALCE application; Nature of Science (NOS) subtest results; Impact of Science and Technology on Society (ISTS) subtest results; and Content of Science (CS) subtest results. The subtests results include: the results of the students' scientific literacy level; the results of the scientific literacy level according to the independent variables; and the results of the number of correct answers, errors and *don't know* option marked.

We would like to highlight, however, that since the results of the overall analysis of the application of the ALCE, i.e., the analysis of the students' scientific literacy level, have already been published by Coppi et al. (2023a), in this article we will only briefly mention these results and then describe the results regarding the analysis of the application of the ALCE by subtest.

3.1 Overall results of the Avaliação da Literacia Científica Essencial (ALCE) application

The overall results of the ALCE application show that 64.1% of the students were classified as scientifically literate, as they achieved

moderate (49.4%), high (14.3%) and very high (0.6%) levels of scientific literacy on the ALCE. On the other hand, 35.7% students were considered scientifically illiterate, as they were classified as having a low level of scientific literacy. We would emphasise, however, that no student was classified at the very low level (Figure 1).

3.2 Nature of Science (NOS) subtest results

The results regarding the students' scientific literacy level in the NOS subtest show that, according to the classification criteria adopted, 70.0% were classified as scientifically literate in this subtest. Similar to the overall results, the majority of these students were at the moderate level of scientific literacy (44.8%) and a few reached the high (15.5%) and very high (9.7%) levels. The results also reveal that 30.0% of the students were not classified as scientifically literate, and that this percentage was higher than the sum of the percentages of students who reached the high and very high levels (25.2%) on the classification scale (Figure 2).

Considering the characteristics of the scientifically literate students in the NOS subtest, we observed that: approximately one third are male (35.7%) and female (34.3%); around one third like the subjects of Natural Sciences (34.1%) and Physical-Chemistry (31.8%); around two thirds have never failed the subjects of Natural Sciences (66.7%) and Physical-Chemistry (64.9%); the majority chose the Science and Technology course in secondary education; and more than a third study in schools with an intermediate socio-economic context (36.8%; Table 3).

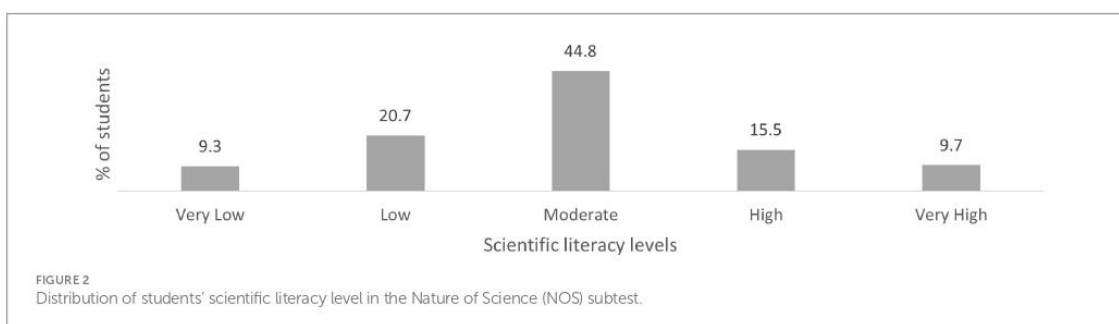
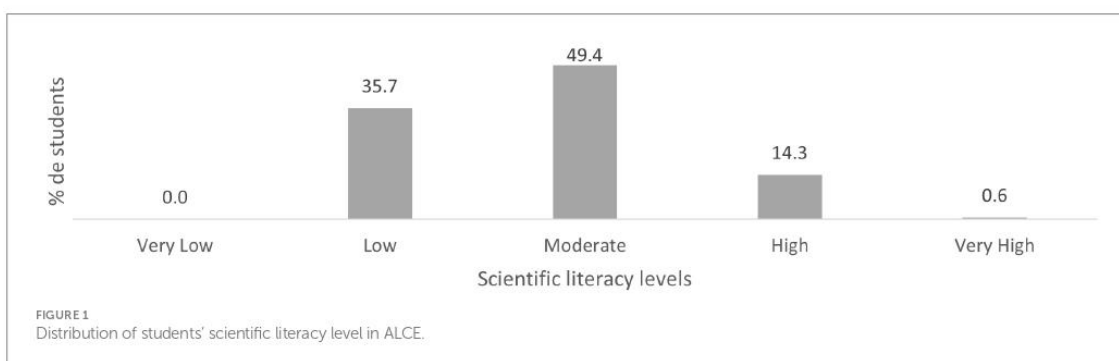
When analyzing the possible differences between the means of the students' scientific literacy level in the NOS subtest, according to the stipulated independent variables, we observed significant differences ($p < 0.05$) between the means of the groups in the following variables: *liking for the subject of Natural Sciences* [$F(4,511) = 2.79, p < 0.05, d = 0.29$]; *liking for the subject of Physical-Chemistry* [$F(4,511) = 5.47, p < 0.001, d = 0.42$]; *failure in the subject of Natural Sciences* [$t(514) = -2.00, p < 0.001, d = -0.36$]; *opting for a Science and Technology course in secondary education* [$t(514) = 5.22, p < 0.001, d = 0.49$]; and *opting for Vocational courses in secondary education* [$t(514) = -3.81, p < 0.001, d = -0.37$]. No significant differences were found ($p > 0.05$) in the variables *sex*, *failure in the subject of Physical-Chemistry* and *school socio-economic context*.

For the variable *liking for the subject of Natural Sciences*, the mean level of scientific literacy of students who like it a lot ($M = 3.13, SE = 0.09$) and adore it ($M = 3.15, SE = 0.13$) was statistically higher than that of students who do not like the subject ($M = 2.41, SE = 0.21$).

Regarding the variable of *liking for the subject of Physical-Chemistry*, the mean level of scientific literacy of the students who do not like it very much ($M = 2.78, SE = 0.09$), like it ($M = 3.04, SE = 0.07$), like it a lot ($M = 3.16, SE = 0.11$) and adore it ($M = 3.18, SE = 0.18$) was statistically higher than that of the students who do not like the subject ($M = 2.45, SE = 0.15$).

Concerning the variable *failure in the subject of Natural Sciences*, on average, students who had never failed ($M = 2.98, SE = 0.05$) had a statistically higher level of scientific literacy than those who had already failed this subject ($M = 2.59, SE = 0.17$).

For the variable *opting for a Science and Technology course in secondary education*, on average, students who opted for the course



($M=3.29$, $SE=0.08$) had a statistically higher level of scientific literacy than those who did not opt for this course ($M=2.79$, $SE=0.06$).

As for the variable *opting for Vocational courses in secondary education*, on average, students who opted for the course ($M=2.68$, $SE=0.08$) had a statistically lower level of scientific literacy than those who did not ($M=3.07$, $SE=0.06$).

Finally, regarding the percentage of correct answers, errors and *don't know* option marked on the items corresponding to the NOS subtest, we observed that the average percentages were 56.9, 27.6 and 15.5%, respectively (Table 4).

We noticed that the items with the highest percentage of correct answers were items 3 and 4, while the items with the lowest percentage of correct answers were items 1 and 6. Regarding the *don't know* option, items 5, 6 and 1 had the highest percentage of marks.

3.3 Impact of Science and Technology on Society (ISTS) subtest results

The students' results on the ISTS subtest indicate that, likewise the NOS subtest, 72.9% were classified as scientifically literate. Similarly, the largest number of students were at the moderate level of scientific literacy (49.2%) and only a few reached the high (16.3%) and very high (7.4%) levels. We also noticed that 27.1% did not get enough correct answers to be classified as scientifically literate and that this percentage is higher than the sum of the percentages of students who reached the high and very high levels (23.6%) of the classification scale (Figure 3).

As for the characteristics of the scientifically literate students in the ISTS subtest, we observed that: approximately one third are male (36.6%) and female (36.2%); around one third like the subjects of Natural Sciences (35.3%) and Physical-Chemistry (31.2%); around two thirds have never failed the subjects of Natural Sciences (68.6%) and Physical-Chemistry (67.1%); the majority chose the Science and Technology course in secondary education; and more than a third study in schools with an intermediate socio-economic context (37.2%; Table 5).

Concerning the analysis of the differences among the means of the students' scientific literacy level in the ISTS subtest, according to the stipulated independent variables, the results revealed significant differences ($p<0.05$) between the means of the groups in the following variables: *liking for the subject of Natural Sciences* [$F(4,511)=4.02$, $p<0.01$, $d=0.35$]; *liking for the subject of Physical-Chemistry* [$F(4,511)=6.80$, $p<0.001$, $d=0.46$]; *failure in the subject of Physical-Chemistry* [$t(514)=-2.48$, $p<0.05$, $d=-0.37$]; *opting for a Science and Technology course in secondary education* [$t(514)=5.56$, $p<0.001$, $d=0.52$]; *opting for Vocational courses in secondary education* [$t(514)=-4.96$, $p<0.001$, $d=-0.48$]; and *school socio-economic context* [$F(2,513)=3.70$, $p<0.05$, $d=0.24$]. No significant differences were found ($p>0.05$) in the variables *sex* and *failure in the subject of Natural Sciences*.

In the variable *liking for the subject of Natural Sciences*, the mean level of scientific literacy of students who adore it ($M=3.26$, $SE=0.13$) was statistically higher than that of students who do not like it ($M=2.35$, $SE=0.26$) and like the subject ($M=2.84$, $SE=0.06$).

Regarding the variable of *liking for the subject of Physical-Chemistry*, the mean level of scientific literacy of students who adore

TABLE 3 Characteristics of scientifically literate students in the Nature of Science (NOS) subtest.

		NOS subtest			
Variable		Scientifically literate students		Scientifically illiterate students	
		<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
Sex	Male	184	35.7	75	14.5
	Female	177	34.3	80	15.5
Liking for the subject of Natural Sciences	I do not like it	9	1.7	8	1.6
	I do not like it very much	47	9.1	23	4.5
	I like it	176	34.1	86	16.7
	I like it a lot	78	15.1	23	4.5
	I adore it	51	9.9	15	2.9
Liking for the subject of Physical-Chemistry	I do not like it	26	5.0	25	4.8
	I do not like it very much	72	14.0	40	7.8
	I like it	164	31.8	60	11.6
	I like it a lot	71	13.8	19	3.7
	I adore it	28	5.4	11	2.1
Failure in the subject of Natural Sciences	Yes	17	3.3	15	2.9
	No	344	66.7	140	27.1
Failure in the subject of Physical-Chemistry	Yes	26	5.0	25	4.8
	No	335	64.9	130	25.2
Course option in secondary education	Science and Technology	144	27.9	27	5.2
	Socio-Economic sciences	40	7.8	17	3.3
	Languages and Humanities	56	10.9	28	5.4
	Visual Arts	32	6.2	13	2.5
	Vocational courses	89	17.2	63	12.2
School socio-economic context	Unfavourable	92	17.8	45	8.7
	Intermediate	190	36.8	82	15.9
	Favourable	79	15.3	28	5.4

Source: elaborated by the authors.

TABLE 4 Percentage of correct answers, errors and don't know option marked on the items corresponding to the Nature of Science (NOS) subtest.

NOS subtest			
Item	Correct answers	Errors	Don't know option marked
1	29.8	53.0	17.2
2	64.0	20.5	15.5
3	77.9	12.4	9.7
4	77.3	11.8	10.9
5	50.6	28.9	20.5
6	41.9	38.9	19.2
Mean	56.9	27.6	15.5

Source: elaborated by the authors.

it ($M = 3.31$, $SE = 0.17$) was statistically higher than that of students who do not like it very much ($M = 2.76$, $SE = 0.09$) and do not like it ($M = 2.57$, $SE = 0.15$); and the average level of scientific literacy of students who like the subject a lot ($M = 3.29$, $SE = 0.11$) was statistically

higher than that of students who like it ($M = 2.88$, $SE = 0.07$), do not like it very much and do not like the subject.

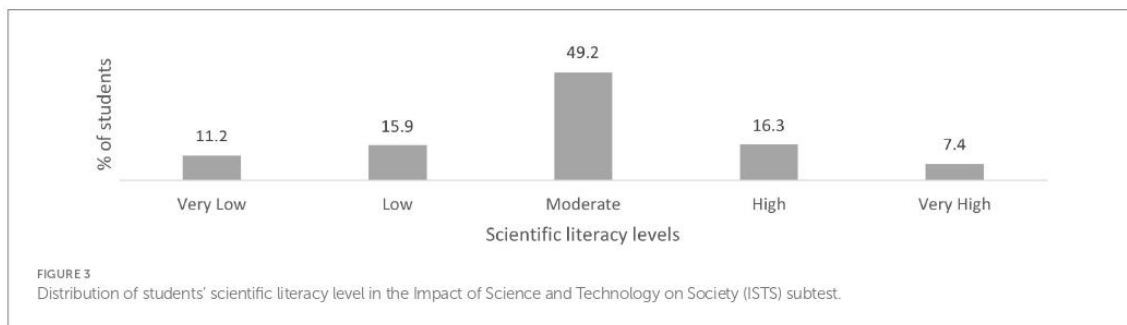
On the variable of *failure in the subject of Physical-Chemistry*, on average, students who had never failed ($M = 2.96$, $SE = 0.05$) had a statistically higher level of scientific literacy than those who had already failed this subject ($M = 2.59$, $SE = 0.15$).

Regarding the variable *opting for a Science and Technology course in secondary education*, on average, students who opted for this course ($M = 3.27$, $SE = 0.08$) had a statistically higher level of scientific literacy than those who did not opt for this course ($M = 2.75$, $SE = 0.05$).

For the variable *opting for Vocational courses in secondary education*, on average, students who opted for the course ($M = 2.59$, $SE = 0.07$) had a statistically lower level of scientific literacy than those who did not ($M = 3.07$, $SE = 0.05$).

With regard to the *school socio-economic context* variable, the mean level of scientific literacy of students from schools with a favorable context ($M = 3.16$, $SE = 0.10$) was statistically higher than that of students from schools with an unfavorable context ($M = 2.82$, $SE = 0.08$).

Finally, regarding the percentage of correct answers, errors and *don't know* option marked on the items corresponding to the ISTS



subtest, the average percentages were 56.3, 28.4 and 15.3%, respectively (Table 6).

We noticed that the highest percentage of correct answers was in items 7 and 12, while the lowest percentage of correct answers was in items 8 and 11. As for the option *don't know*, items 12, 11 and 8 had the highest percentage of marks.

3.4 Content of Science (CS) subtest results

Regarding the CS subtest, the students' results indicate that only 39.9% were classified as scientifically literate. In this subtest, the majority of students were classified at the low level of scientific literacy (55.6%) and a small number reached the high (4.4%) and very high (0.2%) levels. We found that 60.1% were classified as scientifically illiterate, which is approximately 13 times higher than the sum of the percentages of students who reached the high and very high levels (4.6%) of the classification scale (Figure 4).

Concerning the characteristics of scientifically literate students in the CS subtest, we observed that: less than a third are male (20.9%) and female (19.0%); less than a third like the subjects of Natural Sciences (18.6%) and Physical-Chemistry (17.4%); a slightly more than a third have never failed the subjects of Natural Sciences (38.0%) and Physical-Chemistry (38.2%); the majority chose the Science and Technology course in secondary education (19.6%); and less than a third study in schools with an intermediate socio-economic context (21.7%) (Table 7).

As for the analysis of the differences between the means of the students' scientific literacy level in the CS subtest, according to the stipulated independent variables, the results revealed significant differences ($p < 0.05$) between the means of the groups in the following variables: *liking for the subject of Natural Sciences* [$F(4,511) = 5.76$, $p < 0.001$, $d = 0.42$]; *liking for the subject of Physical-Chemistry* [$F(4,511) = 9.88$, $p < 0.001$, $d = 0.56$]; *failure in the subject of Physical-Chemistry* [$t(67.307) = -3.13$, $p < 0.001$, $d = -0.24$]; *opting for a Science and Technology course in secondary education* [$t(334.123) = 6.27$, $p < 0.001$, $d = 0.59$]; and *opting for Vocational courses in secondary education* [$t(310.350) = -6.01$, $p < 0.001$, $d = -0.56$]. No significant differences were found ($p > 0.05$) in the variables *sex*, *failure in the subject of Natural Sciences* and *school socio-economic context*.

In terms of the variable *liking for the subject of Natural Sciences*, the mean level of scientific literacy of the students who adore it ($M = 2.62$, $SE = 0.08$) was statistically higher than that of the students who do not like it ($M = 2.00$, $SE = 0.15$), do not like it very much ($M = 2.20$, $SE = 0.08$) and like the subject ($M = 2.29$, $SE = 0.04$).

Regarding the variable *liking for the subject Physical-Chemistry*, the mean scientific literacy level of students who adore it ($M = 2.69$, $SE = 0.11$) was statistically higher than that of students who like it ($M = 2.32$, $SE = 0.04$), do not like it very much ($M = 2.13$, $SE = 0.06$) and do not like the subject ($M = 2.14$, $SE = 0.08$); and the average level of scientific literacy of the students who like it a lot ($M = 2.56$, $SE = 0.07$) was statistically higher than that of the students who like it, do not like it very much and do not like the subject.

On the variable of *failure in the subject of Physical-Chemistry*, on average, students who had never failed ($M = 2.36$, $SE = 0.03$) had a statistically higher level of scientific literacy than students who had already failed this subject ($M = 2.06$, $SE = 0.08$).

Regarding the variable *opting for a Science and Technology course in secondary education*, on average, students who opted for this course ($M = 2.58$, $SE = 0.05$) had a statistically higher level of scientific literacy than those who did not opt for this course ($M = 2.21$, $SE = 0.03$).

With regard to the variable *opting for Vocational courses in secondary education*, on average, students who did not opt for the course ($M = 2.43$, $SE = 0.03$) had a statistically higher level of scientific literacy than those who did ($M = 2.08$, $SE = 0.05$).

Finally, regarding the percentage of correct answers, errors and *don't know* option marked in the CS subtest items, the average percentages were 44.4, 36.2 and 19.4%, respectively (Table 8).

We noticed that the items with the highest percentage of correct answers were items 17 and 18, while the items with the lowest percentage of correct answers were items 20 and 31. Regarding the *don't know* option, we noticed that items 20, 22, and 27 had the highest percentage of marks.

4 Discussion

In this section we will discuss the analysis of the results obtained in the study, emphasizing their possible meanings, the comparison with the results of other publications and our position, as authors, on the matter. Accordingly, we have organized the discussion into the following topics: analysis of the overall results of the ALCE application; analysis of the students' scientific literacy levels in the NOS, ISTS and CS subtests; analysis of the scientific literacy level according to the independent variables; and analysis of the number of correct answers, errors and *don't know* option marked.

As with the presentation of the results, we will only briefly discuss the first topic.

TABLE 5 Characteristics of scientifically literate students in the Impact of Science and Technology on Society (ISTS) subtest.

		ISTS subtest			
Variable		Scientifically literate students		Scientifically illiterate students	
		<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
Sex	Male	189	36.6	70	13.6
	Female	187	36.2	70	13.6
Liking for the subject of Natural Sciences	I do not like it	8	1.6	9	1.7
	I do not like it very much	8	1.6	9	1.7
	I like it	182	35.3	80	15.5
	I like it a lot	79	15.3	22	4.3
	I adore it	54	10.5	12	2.3
Liking for the subject of Physical-Chemistry	I do not like it	31	6.0	20	3.9
	I do not like it very much	80	15.5	32	6.2
	I like it	161	31.2	63	12.2
	I like it a lot	72	14.0	18	3.5
	I adore it	32	6.2	7	1.4
Failure in the subject of Natural Sciences	Yes	22	4.3	10	1.9
	No	354	68.6	130	25.2
Failure in the subject of Physical-Chemistry	Yes	30	5.8	21	4.1
	No	346	67.1	119	23.1
Course option in secondary education	Science and Technology	142	27.5	29	5.6
	Socio-Economic sciences	45	8.7	12	2.3
	Languages and Humanities	60	11.6	24	4.7
	Visual Arts	32	6.2	13	2.5
	Vocational courses	94	18.2	58	11.2
School socio-economic context	Unfavourable	96	18.6	41	7.9
	Intermediate	192	37.2	80	15.5
	Favourable	88	17.1	19	3.7

Source: elaborated by the authors.

4.1 Analysis of the overall results of the *Avaliação da Literacia Científica Essencial (ALCE)* application

Exploring the results of the ALCE, we found that approximately two thirds of the students were classified as scientifically literate. Although the result is positive, we can see that a considerable number of students were considered scientifically illiterate and that only around 15% of students reached the upper levels, high and very high, of the ALCE scientific literacy scale. Considering that, in Portugal, the 9th grade may represent the last stage in which some students will have contact with subjects that formally promote scientific literacy, this result reveals the need for improvements in the teaching of Natural Sciences and Physical-Chemistry, in order to form scientifically literate citizens at the end of the 3rd cycle of basic education (Coppi et al., 2023c).

Nevertheless, overall, when compared to the results of Portuguese students in the last edition of TIMSS and PISA, although lower percentage-wise, the results of students in ALCE are similar to those published in the latest performance reports of the science tests of the respective international assessments. In TIMSS 2019, while 73% of

TABLE 6 Percentage of correct answers, errors and don't know option marked on the items corresponding to the Impact of Science and Technology on Society (ISTS) subtest.

ISTS subtest			
Item	Correct answers	Errors	Don't know option marked
7	70.7	14.4	14.9
8	35.3	48.2	16.5
9	64.3	21.9	13.8
10	60.7	27.3	12
11	39.5	43.8	16.7
12	67.1	14.9	18
Mean	56.3	28.4	15.3

Source: elaborated by the authors.

students reached the intermediate level of performance on the Science test assessment scale, 34% were classified at the high level and only 7% at the advanced level on the scale (Duarte et al., 2020). In PISA 2022, 78.2% of students reached proficiency level 2 in the Science test, with

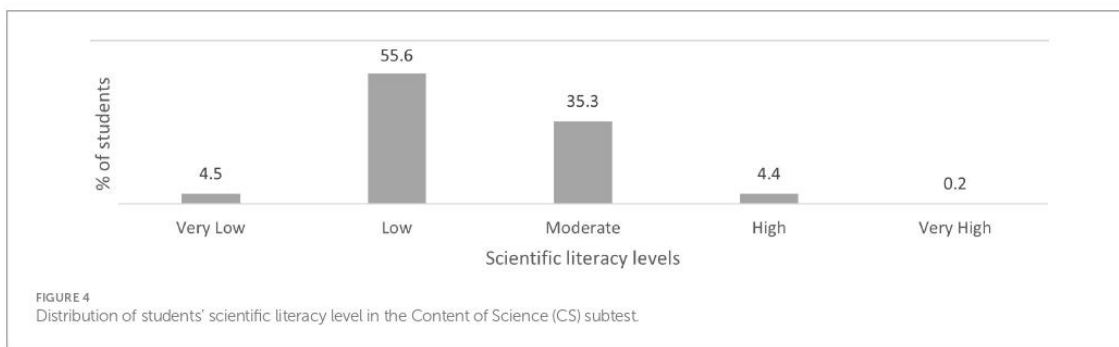


TABLE 7 Characteristics of scientifically literate students in the Content of Science (CS) subtest.

		CS subtest			
Variable		Scientifically literate students		Scientifically illiterate students	
		<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
Sex	Male	108	20.9	151	29.3
	Female	98	19.0	159	30.8
Liking for the subject of Natural Sciences	I do not like it	3	0.6	14	2.7
	I do not like it very much	21	4.1	49	9.5
	I like it	96	18.6	166	32.2
	I like it a lot	47	9.1	54	10.5
	I adore it	39	7.6	27	5.2
Liking for the subject of Physical-Chemistry	I do not like it	13	2.5	38	7.4
	I do not like it very much	26	5.0	86	16.7
	I like it	90	17.4	134	26.0
	I like it a lot	52	10.1	38	7.4
	I adore it	25	4.8	14	2.7
Failure in the subject of Natural Sciences	Yes	10	1.9	22	4.3
	No	196	38.0	288	55.8
Failure in the subject of Physical-Chemistry	Yes	9	1.7	42	8.1
	No	197	38.2	268	51.9
Course option in secondary education	Science and Technology	101	19.6	70	13.6
	Socio-Economic sciences	21	4.1	36	7.0
	Languages and Humanities	27	5.2	57	11.0
	Visual Arts	17	3.3	28	5.4
	Vocational courses	33	6.4	119	23.1
School socio-economic context	Unfavourable	48	9.3	89	17.2
	Intermediate	112	21.7	160	31.0
	Favourable	46	8.9	61	11.8

Source: elaborated by the authors.

only 4.9% of them reaching levels 5 (4.4%) and 6 (0.5%), being considered top performers (Duarte et al., 2023).

Likewise, comparing the results with studies that aimed to assess the level of scientific literacy of students at the end of the 3rd cycle of basic education, using instruments similar to the ALCE, we note that the results of this study show higher percentages of scientifically literate students (Coppi et al., 2023a).

4.2 Analysis of students' scientific literacy levels in the Nature of Science (NOS), Impact of Science and Technology on Society (ISTS), and Content of Science (CS) subtests

The analysis of the scientific literacy level of Portuguese students by subtest revealed that, while in the NOS and ISTS subtests the

TABLE 8 Percentage of correct answers, errors and don't know option marked on the items corresponding to the Content of Science (CS) subtest.

CS subtest			
Item	Correct answers	Errors	Don't know option marked
13	64.5	19.8	15.7
14	54.8	29.7	15.5
15	42.8	35.5	21.7
16	30.6	52.0	17.4
17	72.9	16.4	10.7
18	77.1	13.6	9.3
19	52.1	27.4	20.5
20	19.6	42.4	38.0
21	39.7	38.4	21.9
22	25.0	48.3	26.7
23	22.5	62.0	15.5
24	60.3	20.9	18.8
25	25.6	56.8	17.6
26	28.9	54.6	16.5
27	52.3	21.7	26.0
28	30.6	45.0	24.4
29	58.5	20.4	21.1
30	32.6	51.7	15.7
31	23.1	61.0	15.9
32	66.7	18.2	15.1
33	45.0	35.8	19.2
34	51.9	24.3	23.8
Mean	44.4	36.2	19.4

Source: elaborated by the authors.

majority of students are at the moderate level (44.8 and 49.2%, respectively), in the CS subtest most of them are at the low level of scientific literacy, representing more than half of the students (55.63%). Furthermore, the results show that, according to the instrument's classification rationale, 70% of the students can be considered scientifically literate in the NOS subtest, 72.9% in the ISTS subtest and only 39.9% in the CS subtest, as they reached at least the moderate level in the respective subtests.

We noticed that, as shown in the overall result, only a minority of students reached the highest levels of the ALCE scientific literacy scale in all three subtests: in the NOS subtest, only 15.5 and 9.7% reached the high and very high levels, respectively; in the ISTS subtest, only 16.3 and 7.4%, respectively; and in the CS subtest, only 4.5 and 0.2%, respectively.

Although Soobard and Rannikmäe (2011) argue that it is normal to expect a low number of students occupying higher levels of scientific literacy in assessments that address all levels, the results found in the CS subtest were somewhat unexpected. Not only because they were very low, but also because the percentage of students who reached the high level was around three times lower than in the other subtests and, in the case of the very high level, approximately 40 times lower.

As shown, the students' performance was better in the ISTS subtest and worse in the CS subtest. When compared with the results of studies that used the Test of Basic Scientific Literacy, an assessment instrument similar to the ALCE in terms of the format of the items and the types and number of subtests, there is a notable discrepancy. The systematic review of scientific literacy assessment tools carried out by Coppi et al. (2023d) found that all the studies analyzed that used the Test of Basic Scientific Literacy, or adapted and/or simplified versions of this test, identified better student performance in the CS subtest. Similarly, regarding students' lower performance, the authors identified that some studies pointed to the NOS subtest (Nascimento-Schulze, 2006; Özdem et al., 2010; Rivas et al., 2017; Vizzotto and Mackedanz, 2018; Coppi and Sousa, 2019b) and others to the ISTS subtest (Lima and Garcia, 2015; Coppi and Sousa, 2019a; Vizzotto and Del Pino, 2020).

The difference in performance between the subtests observed in this study indicates that the students' skills related to the basic fundamentals of science, which consist of the scientific view of the world, research methods and the scientific enterprise, i.e., the nature of science, and understanding the impact of science and technology on society stand out more when compared to those related to the content of science, i.e., using knowledge of the contents of Natural Sciences and Physical-Chemistry to solve problems or explain everyday phenomena.

4.3 Analysis of the scientific literacy level according to the independent variables

The analyses of the students' scientific literacy levels between the groups, according to the independent variables, revealed statistical differences for several variables in the three subtests. However, we observed that, in most cases, although significant, these differences were not sufficient to classify the groups into different levels of scientific literacy.

In the NOS subtest, for example, the results showed statistical differences between the scientific literacy mean of the groups for the variables *liking for the subject of Natural Sciences* and *liking for the subject of Physical-Chemistry*, *failure in the subject of Natural Sciences* and *opting for Vocational courses in secondary education* and *opting for a Science and Technology course in secondary education*. However, only in the variable of *liking for the subject of Physical-Chemistry* does the difference in the average of the groups reflect a difference in the level of scientific literacy.

Similarly, in the ISTS subtest, the results revealed significant differences between the means of the groups for the variables *liking for the subject of Natural Sciences* and *Physical-Chemistry*, *failure in the subject of Physical-Chemistry*, *opting for a Science and Technology course in secondary education*, *opting for Vocational courses in secondary education* and *school socio-economic context*. However, only in the variable of *liking for the subject of Natural Sciences* did the significant difference in the average of the groups reproduce a difference in the level of scientific literacy.

In the CS subtest, significant differences were found for the variables *liking for the subject of Natural Sciences* and *liking for the subject of Physical-Chemistry*, *failure in the subject of Physical-Chemistry*, *opting for a Science and Technology course in secondary education* and *opting for Vocational courses in secondary education*. However, the statistical differences only reflected a difference in the

level of scientific literacy for the variables *liking for the subject of Natural Sciences*, *liking for the subject of Physical-Chemistry* and *opting for a Science and Technology course in secondary education*.

Therefore, regarding the variable of *liking for the subject of Natural Sciences*, there were statistical differences in the averages of scientific literacy between the groups in the subtests of the ISTS and the CS. In the ISTS subtest, the average of the group of students who do not like the subject is at the low level and that of the other groups is at the moderate level. On the CS subtest, while the mean of the group of students who love the subject was at the moderate level, the mean of the other groups was at the low level of scientific literacy.

As for the variable *liking for the subject of Physical-Chemistry*, there were significant differences in the NOS and CS subtests. In the NOS subtest, the mean of the group of students who do not like the subject was at the low level and the other groups at the moderate level of scientific literacy. On the other hand, in the CS subtest, the mean of the groups of students who like and adore the subject of Physical-Chemistry was at the moderate level of scientific literacy, while the mean of the other groups was at the low level.

These results are consistent with those published by Pereira (2019), who analyzed, among other factors, the relationship between students' enjoyment of science and their performance in science subjects, depending on the variables interest and enjoyment in learning and carrying out subject tasks and the enjoyment of reading scientific texts and content. The author found that students' performance in science subjects improved in proportion to the extent to which they demonstrated these behaviors.

The study by Silva et al. (2018) supports the same idea. Analyzing the relationship between the variables liking for the subject of Chemistry and students' difficulty with the subject, the authors showed that both students' positive and negative relationship with the subject are related to their learning. This means that liking for the subject of Chemistry facilitates the learning process, while disliking the subject makes it difficult to understand.

Considering that student interest is directly related to the involvement and time spent studying a subject and the positive impact of student motivation on their performance (Cavalcanti, 2009; Kpolovie et al., 2014; Oliveira, 2021), students who like, like a lot and adore the subjects of Natural Sciences and Physical-Chemistry are expected to be more dedicated and put more effort into studying these subjects and, consequently, have higher levels of scientific literacy than students who do not like or like these subjects very little.

Finally, in the variable of *opting for a Science and Technology course in secondary education*, a statistical difference was identified only for the CS subtest. While the mean level of scientific literacy of the group of students who opted for this course was at the moderate level, the mean of the group who did not opt for this course was at the low level of scientific literacy.

Considering that the statistical differences that distinguished the students' scientific literacy levels in the variable *opting for a Science and Technology course in secondary education* were only observed in the CS subtest and that this subtest also showed statistical and scientific literacy level differences for the variables *liking for the subject of Natural Sciences* and *liking for the subject of Physical-Chemistry*, it can be inferred that students who are thinking of choosing to study Science and Technology in secondary education are more interested in the subjects that make up this area and perform better in this subtest and also in the ALCE overall.

These results reinforce those previously discussed regarding the variables *liking for the subject of Natural Sciences* and *liking for the subject of Physical-Chemistry*, and also those published by Noronha and Ambiel (2009), which showed a relationship between the variables school performance and professional interests in the sample studied.

They are also consistent with the results of Portuguese students in the PISA 2018 and 2022 assessments. In PISA 2018, the Portuguese report revealed that 48% of boys and 15% of girls with high performance in Science intend to pursue a profession in Science and Engineering (Lourenço et al., 2019). In PISA 2022, the results by type of course revealed that students who attended Scientific-Humanistic courses obtained better results when compared to those who attended other courses (Duarte et al., 2023).

When compared with the studies by Nascimento-Schulze et al. (2006), De Camargo et al. (2011), and Vizzotto and Del Pino (2020), the results of the present study reinforce those identified by the authors, that interest in the scientific-technological context is one of the factors that best explains the difference in student performance in scientific literacy assessments.

4.4 Analysis of the number of correct answers, errors and don't know option marked

Regarding the number of correct answers per item, we found that the NOS and ISTS subtests had the highest percentage of items with a number of correct answers above 50%, surpassing the sum of errors and the *don't know* option marked, both with four of the six items that make up the subtests (66.7%), although the percentage of correct answers in the ISTS subtest items was higher. In the CS subtest, only 10 of the 34 items (29.4%) achieved this rate.

We also noticed that in the ALCE, only five items had an accuracy rate greater than 70% (items 3, 4, 7, 17 and 18) and six had a rate of less than 30% (items 20, 22, 23, 25, 26 and 31). Of the items with accuracy rate above 70%, items 3 and 4 are part of the NOS subtest and are related to the stages of scientific research, item 7 belongs to the ISTS subtest and is associated with the technical-scientific revolution and items 17 and 18, from the CS subtest, refer to the area of Geology (external geodynamics) and Chemistry (changes in the physical state of matter), respectively.

As for the items that obtained correct answers below 30%, we can see that they all belong to the CS subtest. Items 20 and 22 belong to Chemistry (substances and mixtures and chemical reactions, respectively), items 23, 25, and 26 to Physics (energy, force and gravitational force, respectively) and item 31 to Biology (human physiology).

Considering that the CS subtest is made up of three items from the Natural Sciences area (items 13, 14 and 15), two from Geology (items 16 and 17), five from Chemistry (items 18 to 22), four from Physics (items 23 to 26) and six from Biology (items 27 to 34), it is clear that the greatest difficulties are associated with items from the Physics area, followed by items from the Chemistry area. These results reinforce those presented by the Portuguese TIMSS 2019 report, which revealed that the Physics and Chemistry content areas had the lowest results, significantly below the overall average on the TIMSS science scale (Duarte et al., 2020).

These findings also corroborate the results of the studies by Rivas et al. (2017) and Vizzotto et al. (2020) which, applying a translated and simplified version of the Test of Basic Scientific Literacy, respectively, in the Brazilian context, showed that Physics was the area that obtained the lowest performance from the student respondents. According to Vizzotto et al. (2020), one of the hypotheses to explain these results is the possibility that science teaching has had a prevalent focus on Biology and Chemistry topics. The authors also claim that, in Brazil, Physics content is the least present in the Science curriculum in basic education and that this may be associated with the historical evolution of the subject, in which Biology content predominated due to the training of teachers to work at this level of education. Rivas et al. (2017) state that the main misconceptions in the area of Physics show that the majority of students did not obtain significant learning of this content in basic education, exemplifying that “more than half of the respondents do not understand Newton’s 1st Law, the fundamental interactions of nature and that we are exposed by environmental radiation” (p. 64).

Regarding the results for the percentage of *don’t know* answers per subtest, we observed that, on average, the CS subtest had the highest percentage ($M=19.4\%$, $SD=6.1$), followed by the NOS subtest ($M=15.5\%$, $SD=4.4$) and the ISTS subtest ($M=15.3\%$, $SD=2.2$). When analyzed individually, 10 items had a percentage of more than 20% of the *don’t know* option marked (items 5, 15, 19, 20, 22, 27, 28, and 29), with item 20 having the highest percentage (38.0%) and item 18 the lowest (9.3%).

A qualitative analysis of this set of items (Table 9) reveals that item 5 addresses the topic of scientific laws and theories and is the only representative of the NOS subtest, while the other seven make up the CS subtest and correspond to the following topics: universe and solar system; atoms and chemical elements; substances and mixtures; chemical reactions; ecology; evolution; and cytology. It can therefore be seen that the items with the highest percentage of *don’t know* option marked belong to the areas of Chemistry (items 19, 20, and 22) and Biology (items 27, 28, and 29).

These results reinforce those presented by Vizzotto and Mackedan (2018). The authors applied the simplified version of the Test of Basic Scientific Literacy to students in the 9th grade of Brazilian basic school and found that, of the 45 items that make up the instrument, six had more than a third of the answers marked as *don’t know*. Of these, three items belong to the CS subtest and assess skills in the area of Physics, two relate to the ISTS subtest and deal with the

consequences of the use of individual technological equipment and government decisions related to science and technology, and one item is part of the NOS subtest and deals with ethics in scientific research.

Nevertheless, they differ from those presented by Rivas et al. (2017), who applied the Test of Basic Scientific Literacy to beginners and graduates of a higher education Biology course and found that the subtest with the highest number of *don’t know* answers was the ISTS, followed by the NOS and CS subtests. This difference may be associated with the fact that the students probably have greater skills related to content of science, since they have finished secondary school and, some of them, higher education.

When we analyse the items where the sum of incorrect answers and *don’t know* option marked, accounting for zero points in the assessment, exceeds the percentage of correct answers, we find that approximately one third of the items in each subtest fall into this situation, namely: items 1 (70.2%) and 6 (58.1%) of the NOS subtest; items 8 (64.7%) and 11 (60.1%) of the ISTS subtest; and items 15 (57.2%), 16 (69.4%), 20 (80.4%), 21 (60.3%), 22 (75.0%), 23 (77.5%), 25 (74.4%), 26 (71.1%), 28 (69.4%), 30 (67.4%), 31 (76.9%), and 33 (55.0%) of the CS subtest. As items 15, 20, 22, 23, 25, 26, 28, and 31 have already been discussed, we will only deal with the remaining items below.

Items 1 and 6 relate, respectively, to the stages of the scientific method and the credibility of scientific research. Items 8 and 11 are associated with the potential and limits of science and its technological applications in society. In the case of the items in the CS subtest, item 16 belongs to the area of Geology (internal geodynamics), and is related to the theory of continental drift; item 21 is from the area of Physical-Chemistry, dealing with the physical states of matter; and items 30 and 33, both from the area of Biology, are related to human reproduction.

These results support the fact that the students’ lowest performance in the ALCE was in the CS subtest. We found that the students’ greatest difficulties are related to the subject of Physical-Chemistry, given that more than a third of the items (37.5%) in the above-mentioned situation refer to subjects from this subject, half of them from Physics and half from Chemistry. We also point out the low performance of items from the Natural Sciences subject, represented by items from the Biology and Geology areas, as a result of the fact that almost a third (31.3%) of the CS items from these areas fall into the same situation.

The results also corroborate those published in the last two PISA reports available, 2018 and 2022, regarding the Science test. According to the reports, the majority of students have intermediate-level skills and a minority have skills in applying knowledge of Biology, Chemistry, Physics and Earth Sciences and characterizing the concepts of these areas in a plurality of contexts (Lourenço et al., 2019; Duarte et al., 2023).

5 Conclusion

According to the objective that guided the study presented in this article, the data gathered allows us to answer the following questions: (1) What is the students’ scientific literacy level, overall and by subtest? (2) How many students can be considered scientifically literate, overall and by subtest? (3) Are there statistical differences between the means of the students’ scientific literacy level per subtest when compared according to the independent variables *sex*, *liking for the subject of*

TABLE 9 Subtest and topic to which the items that obtained a percentage higher than 20% of the *don’t know* option marked belong.

Item	Subtest	Topic
5	Nature of science (NOS)	Scientific laws and theories
15	Content of science (CS)	Universe and solar system
19	Content of science (CS)	Atoms and chemical elements
20	Content of science (CS)	Substances and mixtures
22	Content of science (CS)	Chemical reactions
27	Content of science (CS)	Ecology
28	Content of science (CS)	Evolution
29	Content of science (CS)	Cytology

Source: elaborated by the authors.

Natural Sciences and liking for the subject of Physical-Chemistry, failure in the subject of Natural Sciences and failure in the subject of Physical-Chemistry, course option in secondary education and school socio-economic context? (4) Which subtests do students have the greatest ease and difficulty doing?

The results revealed that, in the overall analysis, the majority of students are at the moderate level of scientific literacy (49.4%). According to the ALCE classification criteria, 64.1% of the students were considered scientifically literate, as they reached at least the moderate level of scientific literacy in each of the three subtests. Although the results are positive, the study shows that more than a third of the students (35.9%) were not classified as scientifically literate and that only 14.4% of the students reached the upper levels of the scale, high and very high.

When analysed by subtest, it was evident that while in the NOS and ISTS subtests the majority of students were at the moderate level (44.8 and 49.2% respectively), in the CS subtest the majority (55.6%) were at the low level of scientific literacy. According to the classification criteria, 70.0, 72.9 and 39.9% of the students were classified as scientifically literate in the NOS, ISTS and CS subtests, respectively. It is noticeable that the greatest difficulties encountered by the students relate to the CS subtest, specifically in the areas of Biology, Physics and Chemistry.

These results indicate that the students who answered the ALCE have more skills related to understanding the scientific enterprise and the consequences of using scientific-technological knowledge in society than to using the specific skills of the Natural Sciences and Physical-Chemistry subjects, or to solving problems and explaining everyday phenomena.

Regarding the analysis of the level of scientific literacy by subtest, according to the independent variables under consideration, statistical differences were observed reflecting different levels of classification of students' scientific literacy in the variable *liking for the subject of Physical-Chemistry*, for the NOS subtest; in the variable *liking for the subject of Natural Sciences*, for the ISTS subtest; and in the variables *liking for the subjects of Natural Sciences and liking for the subject of Physical-Chemistry and opting for a Science and Technology course in secondary education*, for the CS subtest. The findings reinforce the idea that students' scientific literacy might in some way be associated with their liking for the subjects of Natural Sciences and Physical-Chemistry and their expectations of the profession they wish to pursue in the future, in this case based on their choice of Science and Technology course in secondary education.

We highlight, however, that the results of the inferential analyses also show evidence of a possible influence of the variables *failure in the subject of Natural Sciences* and *failure in the subject of Physical-Chemistry, opting for Vocational courses in secondary education and school socio-economic context* on the students' scientific literacy level, expressed in the statistical differences observed in the average scientific literacy level of the students in the different groups. Although the differences did not place the students in different classification levels, they were significant. Therefore, we suggest that future studies consider these variables in the analysis.

Furthermore, we would like to emphasise that the study carried out gathered information exclusively from students in schools in mainland Portugal, and did not take into account the administrative regions of the Madeira Archipelago and the Azores Archipelago. We recommend that future research use the ALCE to assess the scientific literacy level of students at the end of the 3rd cycle of basic education in different

contexts and regions, so that the results can be compared and new data can be used to improve science education in Portugal.

Finally, we point out that the results of this study cannot be generalised to the Portuguese population, as it is not a representative sample. Nevertheless, we believe that the data presented here contributes to reflection on the development of scientific literacy among students in this cycle of education and to the production of information that makes it possible to establish comparisons and correspondences between different studies, offering opportunities for further studies and, consequently, fostering the advancement of science in this area of research.

Data availability statement

The raw data supporting the conclusions of this article will be made available by the authors, without undue reservation.

Ethics statement

The studies involving humans were approved by Directorate General for Innovation and Curriculum Development (DGICD), through the School Survey Monitoring System (MIME), under registration no. 0740900001. The studies were conducted in accordance with the local legislation and institutional requirements. Written informed consent for participation in this study was provided by the participants' legal guardians/next of kin.

Author contributions

MCo: Conceptualization, Data curation, Formal analysis, Funding acquisition, Investigation, Methodology, Project administration, Resources, Software, Validation, Writing – original draft, Writing – review & editing. IF: Conceptualization, Funding acquisition, Methodology, Project administration, Resources, Software, Supervision, Visualization, Writing – original draft, Writing – review & editing. MCi: Conceptualization, Funding acquisition, Methodology, Project administration, Resources, Software, Supervision, Visualization, Writing – original draft, Writing – review & editing.

Funding

The author(s) declare that financial support was received for the research, authorship, and/or publication of this article. This work was funded by national funds through the FCT – Foundation for Science and Technology – IP, within the scope of the Research Grant with reference UI/BD/151034/2021 and DOI [10.54499/UI/BD/151034/2021](https://doi.org/10.54499/UI/BD/151034/2021) and the project UIDB/04312/2020.

Conflict of interest

The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Publisher's note

All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated

organizations, or those of the publisher, the editors and the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.

References

- Cavalcanti, M. M. P. (2009). A relação entre motivação para aprender, percepção do clima de sala de aula para criatividade e desempenho escolar de alunos do 5º ano do ensino fundamental [Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília]. Available at: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/4399> (Accessed May 02, 2024).
- Coppi, M., Fialho, I., and Cid, M. (2023a). Assessing portuguese elementary school students' scientific literacy: application of the ALCE instrument. *Social Sciences*, 12: 374. doi: 10.3390/socsci12070374
- Coppi, M., Fialho, I., and Cid, M. (2023b). Developing a scientific literacy assessment instrument for Portuguese 3rd cycle students. *Education Sciences*. 13:941. doi: 10.3390/educsci13090941
- Coppi, M., Fialho, I., and Cid, M. (2023c). Scientific literacy and the science curriculum reorganisation in Portugal. *Educ. Realidade* 48, 1–18. doi: 10.1590/2175-6236129450vs02
- Coppi, M., Fialho, I., and Cid, M. (2023d). Scientific literacy assessment instruments: a systematic literature review. *Educ. Rev.* 39:e37523. doi: 10.1590/0102-4698237523-T
- Coppi, M., and Sousa, C. P. (2019a). Estudo da alfabetização científica de alunos do ensino médio de um colégio de São Paulo. *Rev. Eletrôn. Científica Ensino Interdis.* 5, 537–544. doi: 10.21920/recei72019515537544
- Coppi, M., and Sousa, C. P. (2019b). Estudo da alfabetização científica dos alunos do 9º ano do ensino fundamental de um Colégio Particular se São Paulo. *Debates Em Educ.* 11, 169–185. doi: 10.28998/2175-6600.2019v11n23p169-185
- Camargo, A. N. B. De, Pilar, F. D., Ribeiro, M. E. M., Fantinel, M., and Ramos, M. G. (2011). Alfabetização científica: a evolução ao longo da formação de licenciandos ingressantes, concluintes e de professores de química. *Momento - Diálogos Em Educ.*, 20, 19–29.
- DGE (2018a). Aprendizagens essenciais, articulação com o perfil dos alunos - Ciências Naturais - 7.º ano - 3.º ciclo do Ensino Básico. Available at: http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/ciencias_naturais_3c_7a_ff.pdf (Accessed March 07, 2024).
- DGE (2018b). Aprendizagens essenciais, articulação com o perfil dos alunos - Ciências Naturais - 8.º ano - 3.º ciclo do Ensino Básico. Available at: http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/ciencias_naturais_3c_8a_ff.pdf (Accessed March 07, 2024).
- DGE (2018c). Aprendizagens essenciais, articulação com o perfil dos alunos - Ciências Naturais - 9.º ano - 3.º ciclo do Ensino Básico. Available at: http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/ciencias_naturais_3c_9a_ff.pdf (Accessed March 07, 2024).
- DGE (2018d). Aprendizagens essenciais, articulação com o perfil dos alunos - Físico-química - 7.º ano - 3.º ciclo do Ensino Básico. Available at: http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/fisico-quimica_3c_7a_ff.pdf (Accessed March 07, 2024).
- DGE (2018e). Aprendizagens essenciais, articulação com o perfil dos alunos - Físico-química - 8.º ano - 3.º ciclo do Ensino Básico. Available at: http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/fisico-quimica_3c_8a_ff.pdf (Accessed March 07, 2024).
- DGE (2018f). Aprendizagens essenciais, articulação com o perfil dos alunos - Físico-química - 9.º ano - 3.º ciclo do Ensino Básico. Available at: http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/fisico-quimica_3c_9a_ff.pdf (Accessed March 07, 2024).
- DGEEC (2023). Resultados escolares: sucesso e equidade | Ensino Básico e Secundário. Lisboa: DGEEC.
- Duarte, A., Nunes, A., Tavares, J., Mota, M., and Venâncio, T. (2020). TIMSS 2019 - Portugal. Resultados da matemática e a ciências - 8.º ano - Volume 2. IAVE.
- Duarte, A., Nunes, A., Vasconcelos, A., Mota, M., Cabral, M., and Rodrigues, M. (2023). Pisa 2022 - Portugal. Relatório Nacional. IAVE.
- IAVE (2019). TIMSS 8 – Áreas de conteúdo e dimensões cognitivas. IAVE, I.P.
- IEA (2017). TIMSS 2019 - assessment frameworks. IEA.
- Kpolovie, P. J., Joe, A. I., and Okoto, T. (2014). Academic achievement prediction: role of interest in learning and attitude towards school. *Int. J. Human. Soc. Sci. Educ.* 1, 73–100.
- Lima, A. M. D. L., and Garcia, R. N. (2015). A alfabetização científica de estudantes de licenciatura em ciências biológicas: um estudo de caso no contexto da formação inicial de professores. *Atas do X ENPEC*, 1–8. Universidade Federal de Santa Catarina. <https://www.abrapec.com/enpec/x-enpec/anais2015/listaresumos.htm>
- Lourenço, V., Duarte, A., Nunes, A., Amaral, A., Gonçalves, C., Mota, M., et al. (2019). PISA 2018 – Portugal. Relatório nacional. IAVE. Available at: http://www.pnl2027.gov.pt/np4/file/1205/RELATORIO_NACIONAL_PISA2018_IAVE.pdf (Accessed May 05, 2024).
- Marôco, J., Gonçalves, C., Lourenço, V., and Mendes, R. (2016). TIMSS 2015 - Portugal. Volume I: desempenhos em matemática e em ciências. IAVE.
- Martins, G. O., Gomes, C. A. S., Brocardo, J. M. L., Pedrosa, J. V., Carrillo, J. L. A., Silva, L. M. U., et al. (2017). Perfil dos alunos à saída da escolaridade obrigatória. Ministério da Educação e Ciência - DGE.
- Nascimento-Schulze, C. M. (2006). Um estudo sobre alfabetização científica com jovens catarinenses. *Psicol. Teoria Prática* 8, 95–106.
- Nascimento-Schulze, C. M., Camargo, B., and Wachelke, J. (2006). Alfabetização científica e representações sociais de estudantes de ensino médio sobre ciência e tecnologia. *Arquivos Brasileiros Psicol.* 58, 24–37.
- Noronha, A. P. P., and Ambiel, R. A. M. (2009). Relações entre desempenho escolar e interesses profissionais de estudantes do ensino médio - Desempenho escolar e interesses profissionais. *Psychologica* 50, 277–294. doi: 10.14195/1647-8606_50_14
- OECD (2019). PISA 2018 assessment and analytical framework. OECD.
- Oliveira, C. F. (2021). Práticas pedagógicas e desempenho escolar no Brasil [Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa]. Available at: <https://poseconomia.ufv.br/wp-content/uploads/2022/02/texto-completo-Carmem.pdf> (Accessed May 13, 2024).
- Ozdem, Y., Çavaş, P., Çavaş, B., Çakıroğlu, J., and Ertepinar, H. (2010). An investigation of elementary students' scientific literacy levels. *J. Balt. Sci. Educ.* 9, 6–19.
- Pereira, L. R. (2019). Instrução, empenho e desempenho dos alunos em ciências. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Braga, Portugal.
- Rivas, M. I. E., Moço, M. C. D. Q., and Junqueira, H. (2017). Avaliação do nível de alfabetização científica assessment of the level of scientific literacy. *Rev. Acad. Licenciatura Acturas* 5, 58–65. doi: 10.55602/rlic.v5i2.158
- Silva, R. B., Mendes, J. F., Carvalho, T. M. Da S., and Malta, S. H. Da S. (2018). O gostar do aluno e sua dificuldade em química. Anais Do Anais Do V Congresso Nacional de Educação - CONEDU.
- Soobard, R., and Rannikmäe, M. (2011). Assessing student's level of scientific literacy using interdisciplinary scenarios. *Sci. Educ. Int.* 22, 133–144.
- Vizzotto, P. A., and Del Pino, J. C. (2020). Avaliação do nível de alfabetização científica de acadêmicos ingressantes e concluintes de cursos de licenciatura. *Res. Soc. Dev.* 9:e140953349. doi: 10.33448/rsd-v9i5.3349
- Vizzotto, P. A., and Mackedanz, L. F. (2018). Teste de alfabetização científica básica: processo de redução e validação do instrumento na língua portuguesa. *Rev. Prática Docente* 3, 575–594. doi: 10.23926/rpd.2526-2149.2018.v3.n2.p575-594.id251
- Vizzotto, P. A., Rosa, L. S., Duarte, V. D. M., and Mackedanz, L. F. (2020). O uso do Teste de Alfabetização Científica Básica em estudantes do ensino fundamental: análise da confiabilidade de medida nesse grupo. *Res. Soc. Dev.* 9:e79932447. doi: 10.33448/rsd-v9i3.2447

CAPÍTULO 7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerações finais

O objetivo nuclear desta tese foi desenvolver um instrumento de avaliação da literacia científica de alunos no final do 3.º ciclo do ensino básico português, o ALCE, que apresentasse evidências de validade capazes de fundamentar a utilização dos seus resultados e avaliar o nível literacia científica de alunos deste ciclo de ensino. Mediante a compilação de seis artigos, retratamos o estado da arte acerca do debate em torno das principais controvérsias que concernem a temática da literacia científica; realizamos uma revisão sistemática de literatura sobre os instrumentos de avaliação da literacia científica, analisando os resultados dos estudos; identificamos como a literacia científica é aludida nos documentos curriculares atualmente vigentes da área das Ciências Físicas e Naturais do 3.º ciclo do ensino básico português; descrevemos os processos de desenvolvimento e de recolha de evidências de validade do ALCE; e avaliamos o nível de literacia científica de alunos portugueses no final do 9.º ano do ensino básico.

A seguir, reproduzimos as principais conclusões resultantes desse conjunto de artigos. Para uma melhor organização, optamos por fazê-la de acordo com a ordem dos artigos. Posteriormente, apresentamos as limitações do estudo e as recomendações para futuras investigações.

Através do Artigo 1, percebemos a existência de um grande debate na comunidade académica acerca do conceito de literacia científica, originando múltiplas definições para o termo. A polémica está alicerçada na falta de consenso entre os especialistas quanto à tradução das palavras inglesas *literacy* e *literate* e do termo *scientific literacy*, principalmente para o idioma português, aos seus respetivos significados, à própria definição do conceito de literacia científica, à adesão teórica adotada pelos autores e ao campo de estudos da linguagem e do ensino de línguas.

Observamos, no entanto, que, apesar dos dissensos e da polissemia associada ao termo, de modo geral, a literacia científica parte de um conceito amplo e está associada às competências e ao conhecimento científico-tecnológico necessários para compreender a ciência, explicar fenómenos naturais, solucionar problemas, participar ativamente em questões relacionadas com assuntos científicos e para compreender as suas diversas aplicações na sociedade, como nas ciências médicas, na engenharia, nas telecomunicações, entre outras áreas. Nesse sentido e de forma a estabelecer um conceito síntese para utilizarmos como base para a construção do ALCE, propusemos a seguinte definição de literacia científica: a compreensão do empreendimento científico e a utilização consciente dos conhecimentos científicos e tecnológicos para a resolução de problemas, para a explicação de fenómenos naturais do cotidiano, assim como para a participação ativa em debates de

assuntos científicos que envolvem a sociedade, respaldada por argumentos científico e tecnologicamente fundamentados, permitindo ao indivíduo atuar como cidadão.

Em consequência da revisão sistemática de literatura realizada no Artigo 2, verificamos a notória escassez de instrumentos de avaliação da literacia científica, principalmente para alunos do ensino básico. De acordo com os critérios de inclusão e exclusão estabelecidos, identificamos a existência de apenas 13 instrumentos, utilizados em 43 estudos, em 14 países, com predominância de estudos realizados no Brasil, Indonésia e Estados Unidos. Dos 13 instrumentos, o TBSL e TOSLS e suas respectivas versões simplificadas e/ou modificadas foram os mais utilizados nesses estudos.

Constatamos, ainda, a necessidade de uma grande cautela na utilização e comparação dos resultados de muitos desses 43 estudos. Isso porque muitos deles omitem parcialmente ou completamente a identificação e apresentação dos processos de recolha de evidências de validade dos instrumentos desenvolvidos e/ou utilizados, aplicam os instrumentos a públicos-alvo em diferentes contextos, sem a devida adaptação e validação e não apresentam os processos de categorização e classificação.

Para além dessas evidências, o Artigo 2 mostrou não só a importância de desenvolver um instrumento de avaliação da literacia científica para os alunos no final do 3.º ciclo do ensino básico, visando o contexto de Portugal, mas também a imprescindibilidade da recolha e apresentação de evidências de validade que possibilitem a utilização dos resultados para esta avaliação.

De posse de uma definição clara do conceito de literacia científica (Artigo 1), e confirmando a necessidade do desenvolvimento e da validação de um instrumento para o cenário português (Artigo 2), precisávamos de documentos referenciais para a elaboração deste instrumento, obtidos mediante a realização do Artigo 3. Neste terceiro artigo, constatamos que o processo de reorganização curricular, especialmente, na área das Ciências Físicas e Naturais do 3.º ciclo do ensino básico, iniciado em 1977, culminou na vigência de dois documentos curriculares: o Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória (PASEO) e as Aprendizagens Essenciais (AE) de Ciências Naturais e de Físico-Química.

Verificamos que ambos os documentos assumem, direta ou indiretamente, a literacia científica como o objetivo do ensino de ciências neste ciclo de ensino. No PASEO, o referencial para as tomadas de decisão de todos os atores educativos dos estabelecimentos de educação e de ensino, a literacia científica está enquadrada nas múltiplas literacias que devem ser desenvolvidas pelos alunos à saída da escolaridade obrigatória, face às exigências do mundo contemporâneo. Já nas AE de Ciências Naturais e de Físico-Química, as quais apresentam as competências de literacia científica

essenciais nas respectivas disciplinas a serem adquiridas ao longo do 3.º ciclo do ensino básico, a literacia científica é apresentada, direta ou indiretamente, como objetivos de ambas as disciplinas.

Posto que estavam estabelecidos os documentos referenciais, demos início aos processos de desenvolvimento do ALCE, demonstrados no Artigo 4. Para isso, foi necessário definir fatores como o tipo e o formato de item a utilizar e os tipos de evidência de validade que iríamos recolher. Optamos por itens interpretativos, no formato *verdadeiro-falso-não sei*, e por recolher evidências de validade baseadas no conteúdo e na estrutura interna do instrumento, utilizando as etapas propostas por Pasquali (2009) e a Teoria de Resposta ao Item para a análise empírica dos itens e para as análises da função de informação e de densidade do teste e dos subtestes.

O produto deste quarto artigo foi o ALCE, um instrumento composto por 34 itens, organizados em três subtestes – Natureza da Ciência, Impacto da Ciência e Tecnologia na Sociedade e Conteúdo da Ciência –, elaborados para avaliar a capacidade do uso dos conhecimentos e das competências estabelecidos nos documentos curriculares da área de Ciências Físicas e Naturais para a explicação de fenómenos ou resolução de problemas e situações cotidianas. Os nossos argumentos baseados na recolha de evidências de validade dão suporte teórico para o uso apropriado dos resultados da aplicação do ALCE na avaliação do nível de literacia científica dos alunos no final no 3º ciclo do ensino básico e para o uso da informação na tomada de decisões relacionadas com o ensino de ciências neste ciclo de ensino.

Por sua vez, os Artigos 5 e 6 retratam os resultados da aplicação do ALCE a 516 alunos de 20 agrupamentos de escolas/escolas de Portugal continental. Enquanto o quinto artigo apresenta os resultados gerais, incluindo análises estatísticas descritivas e inferenciais, o sexto apresenta os resultados por subteste e, além das mesmas análises para os respetivos subtestes, discute os resultados referentes à quantidade de itens respondidos corretamente e daqueles respondidos com a opção *não sei*.

Nesse sentido, a partir do Artigo 5 constatamos que, de acordo com os critérios de classificação do ALCE, 64.1% dos alunos foram classificados como cientificamente literatos. Observamos, também, que 49.4% dos alunos foram classificados no nível moderado, 35.7% no nível baixo, 14.3% no nível alto, 0.6% no nível muito alto e nenhum aluno foi classificado no nível muito baixo de literacia científica.

As análises inferenciais foram realizadas a fim de explorar possíveis diferenças significativas entre a média do nível de literacia científica dos alunos em função das variáveis independentes *sexo*, *gostar da disciplina de Ciências Naturais*, *gostar da*

disciplina de Físico-Química, reprovar na disciplina de Ciências Naturais, reprovar na disciplina de Físico-Química, opção de curso no ensino secundário e contexto socioeconómico escolar. As análises compreenderam o teste *t* de Student, a análise de variância e a regressão linear múltipla.

No caso dos testes de hipótese, observamos que apenas para as variáveis *sexo* e *reprovar na disciplina de Ciências Naturais* não houve diferenças estatísticas na média de literacia científica entre os grupos. Para a variável *reprovar na disciplina de Físico-Química*, verificamos que a média dos alunos que nunca reprovaram foi estatisticamente superior à dos alunos que já haviam reprovado. Para as variáveis *gostar da disciplina de Ciências Naturais* e *gostar da disciplina de Físico-Química*, constatamos que à medida que o gosto aumenta, maior é a média do nível de literacia científica. Já para a *opção de curso no ensino secundário*, observamos que os alunos que pretendem optar pelo curso de Ciências e Tecnologia e os que não pretendem optar por cursos profissionais obtiveram média significativamente mais alta do que os demais. Por fim, para a variável *contexto socioeconómico escolar*, observamos que a média do nível de literacia científica dos alunos de escolas de contexto socioeconómico favorável foi estatisticamente mais alta do que a dos alunos que estudavam em escolas de contexto socioeconómico desfavorável.

Já na análise de regressão linear múltipla, verificamos que somente as variáveis *opção por cursos Profissionais, opção pelo curso de Ciência e Tecnologia* e *gostar da disciplina de Físico-Química* se mostraram capazes de prever o nível de literacia científica dos alunos.

Por fim, os resultados divulgados no Artigo 6, que partiu das mesmas análises para os três subtestes que compõem o ALCE, com exceção da regressão linear múltipla, forneceu informações importantes sobre o nível de literacia científica dos alunos em cada um desses subtestes, evidenciando que 70.0%, 72.9% e 39.9% dos alunos foram classificados como cientificamente literatos nos subtestes da Natureza da Ciência, do Impacto da Ciência e da Tecnologia na Sociedade e do Conteúdo da Ciência, respetivamente.

Constatamos que as maiores dificuldades encontradas pelos alunos ao responderem ao ALCE relacionaram-se com o subteste do Conteúdo da Ciência, dado que, associados aos resultados anteriores, nos subtestes da Natureza da Ciência, do Impacto da Ciência e da Tecnologia na Sociedade, a maior parte dos alunos localiza-se no nível moderado de literacia científica (44.8% e 49.2%, respetivamente), enquanto no subteste do Conteúdo da Ciência a maioria (55.6%) situa-se no nível baixo de literacia científica. Além disso, a análise dos acertos e da opção *não sei* assinalada deixa claro que,

dentro do subteste do Conteúdo da Ciência, os itens que abordam conhecimentos e competências das áreas da Biologia, da Física e da Química foram o que representaram os maiores obstáculos para os alunos.

Quando comparamos o nível de literacia científica dos alunos em cada subteste em função das variáveis independentes, verificamos que as diferenças estatísticas que repercutiram em diferentes níveis de classificação da literacia científica entre os alunos foram observadas apenas para: a variável *gostar da disciplina de Físico-Química*, no caso do subteste da Natureza da Ciência; a variável *gostar da disciplina de Ciências Naturais*, no caso do subteste do Impacto da Ciência e da Tecnologia na Sociedade; e as variáveis *gostar da disciplina de Ciências Naturais* e *gostar da disciplina de Físico-Química* e *optar pelo curso de Ciências e Tecnologia no ensino secundário*, no caso do subteste do Conteúdo da Ciência.

Os resultados dos estudos apresentados nos Artigos 5 e 6 evidenciam que os alunos que responderam ao ALCE demonstraram mais competências relacionadas com a compreensão do empreendimento científico e das consequências da utilização do conhecimento científico-tecnológico na sociedade do que para a utilização das competências específicas de cada uma das disciplinas para a resolução de problemas e explicação de fenómenos cotidianos.

Ainda que ambos os estudos sejam correlacionais, cujos resultados devem estar livres de inferências causais, podemos depreender que, de alguma forma, o nível de literacia científica dos alunos que participaram do estudo pode estar associado ao gosto pelas disciplinas de Ciências Naturais e de Físico-Química e às suas expectativas em relação à profissão que almejam exercer no futuro.

Considerando o exposto, esta tese de doutoramento procurou contribuir para a investigação e para o aumento de conhecimento na área do ensino de ciências mediante o desenvolvimento e aplicação do ALCE, um instrumento de avaliação da literacia científica de alunos no final do 3.º ciclo do ensino básico português, que demonstrou evidências de validade capazes de fundamentar a utilização dos resultados para a utilização proposta.

Projetamos fornecer indicadores fiáveis acerca do desenvolvimento da literacia científica dos alunos no fim desse ciclo, capazes de auxiliar a monitorização do progresso da literacia científica em Portugal. Além disso, almejamos que o instrumento possa ser aplicado amplamente nas escolas e que os professores o utilizem de uma forma orientadora para a reformulação das suas aulas, planos de ensino e práticas em sala de aula, a fim de que os alunos completem o 3.º ciclo do ensino básico como indivíduos

cientificamente literatos, preparados para atuar como cidadãos ativos e, para aqueles que optarem por este caminho, aptos a aprofundar os seus conhecimentos científicos nos níveis de ensino seguintes.

Limitações do estudo e recomendações

O estudo apresentado nesta tese tem como principal limitação a impossibilidade de generalização dos resultados para uma escala nacional, uma vez que a amostra analisada não é representativa da população de alunos do 9.º ano do ensino básico, mas restrita a 516 alunos de 20 agrupamentos de escolas de Portugal continental, não abrangendo, também, as regiões administrativas do Arquipélago da Madeira e do Arquipélago dos Açores. Nesse sentido, os resultados e as conclusões aqui apresentados estão circunscritos ao contexto do estudo.

Ressaltamos, ainda, que o instrumento ALCE se restringe a avaliar os conhecimentos e as competências de literacia científica que constam nos documentos curriculares portugueses, tendo em consideração o conceito e as dimensões de literacia científica que estipulamos para o seu desenvolvimento. Temos consciência de que o instrumento não é autossuficiente, assim como nenhum instrumento de avaliação o é, no sentido de avaliar todos os conhecimentos, competências e domínios da literacia científica, limitando-se a avaliar apenas o que foi considerado como essencial durante o processo de recolha de evidências de validade baseadas no conteúdo, apresentado no Artigo 4.

Recomendamos, portanto, que futuras investigações apliquem o ALCE a alunos de escolas de diferentes contextos regionais e culturais, incluindo as regiões autónomas, com o objetivo de recolher informações que deem respaldo a uma tomada de decisão fundamentada acerca da literacia científica dos alunos, visando a melhoria da educação científica em Portugal.

Sugerimos, também, que estudos subsequentes possam ser realizados a fim de: estabelecer associações entre os resultados do ALCE e as classificações finais dos alunos nas disciplinas de Ciências Naturais e Físico-Química, a fim de reunir evidências baseadas em relações com outras variáveis; comparar as práticas de sala de aula dos professores de Ciências Naturais e Físico-Química de escolas onde alunos obtiveram níveis mais altos e mais baixos de literacia científica; e analisar se outras variáveis, que não foram consideradas neste estudo, interferem ou influenciam no nível de literacia científica dos alunos.

A nossa proposta é que o ALCE seja usado pelos professores de Ciências Naturais e de Físico-Química de modo a utilizar os resultados para identificar as dimensões, os conteúdos e as competências de literacia científica com maior e menor potencial e, também, a lacuna entre os objetivos de aprendizagem das disciplinas e a proficiência dos alunos. Os resultados também podem possibilitar a reflexão sobre os próprios objetivos, metodologias, planos de aula e estratégias usadas pelos professores em sala de aula, a fim de modificá-los para melhor desenvolver a literacia científica dos alunos.

REFERÊNCIAS

- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research Design - Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (5th ed.). SAGE Publications, Inc.
- 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*, 37(6), 582–601. [https://doi.org/10.1002/1098-2736\(200008\)37:63.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200008)37:63.0.CO;2-L)
- DGE. (2018a). *Aprendizagens essenciais, articulação com o perfil dos alunos - Ciências Naturais - 7.º ano - 3.º ciclo do Ensino Básico*. http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/ciencias_naturais_3c_7a_ff.pdf
- DGE. (2018b). *Aprendizagens essenciais, articulação com o perfil dos alunos - Ciências Naturais - 8.º ano - 3.º ciclo do Ensino Básico*. http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/ciencias_naturais_3c_8a_ff.pdf
- DGE. (2018c). *Aprendizagens essenciais, articulação com o perfil dos alunos - Ciências Naturais - 9.º ano - 3.º ciclo do Ensino Básico*. http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/ciencias_naturais_3c_9a_ff.pdf
- DGE. (2018d). *Aprendizagens essenciais, articulação com o perfil dos alunos - Físico-química - 7.º ano - 3.º ciclo do Ensino Básico*. http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/fisico-quimica_3c_7a_ff.pdf
- DGE. (2018e). *Aprendizagens essenciais, articulação com o perfil dos alunos - Físico-química - 8.º ano - 3.º ciclo do Ensino Básico*. http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/fisico-quimica_3c_8a_ff.pdf
- DGE. (2018f). *Aprendizagens essenciais, articulação com o perfil dos alunos - Físico-química - 9.º ano - 3.º ciclo do Ensino Básico*. http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/fisico-quimica_3c_9a.pdf
- Howell, E. L., & Brossard, D. (2021). (Mis)informed about what? What it means to be a science-literate citizen in a digital world. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(15). <https://doi.org/10.1073/pnas.1912436117>
- Martins, G. O., Gomes, C. A. S., Brocardo, J. M. L., Pedroso, J. V., Carrillo, J. L. A., Silva, L. M. U., Encarnação, M. M. G. A. da, Horta, M. J. do V. C., Calçada, M. T. C. S., Nery, R.

- F. V., & Rodrigues, S. M. C. V. (2017). *Perfil dos alunos à saída da escolaridade obrigatória*. Ministério da Educação e Ciência - DGE.
- Odegaard, M., Haug, B., Mork, S., & Sorvik, G. O. (2015). Budding science and literacy. A classroom video study of the challenges and support in an integrated inquiry and literacy teaching model. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 167, 274–278. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.674>
- OECD. (2017). *PISA 2015 - Assessment and analytical framework: Science, reading, mathematic, financial literacy and collaborative problem solving*. OECD Publishing. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1787/9789264281820-en>
- Pasquali, L. (2009). *Psicometria teoria dos testes na psicologia e na educação* (4th ed.). Vozes.
- Phillips, D. C., & Burbules, N. C. (2000). *Postpositivism and educational research*. Rowman & Littlefield.
- Rudolph, J. L. (2023). 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>
- Sharon, A. J., & Baram-Tsabari, A. (2020). Can science literacy help individuals identify misinformation in everyday life? *Science Education*, 104(5), 873–894. <https://doi.org/10.1002/SCE.21581>
- UNESCO. (2020). *Education in a post-COVID world: nine ideas for public action*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373717>
- Wang, J., & Zhao, Y. (2016). Comparative research on the understandings of nature of science and scientific inquiry between science teachers from Shanghai and Chicago. *Journal of Baltic Science Education*, 15(1), 97–108. <https://doi.org/10.33225/jbse/16.15.97>
- World Economic Forum. (2015). *New vision for education - Unlocking the potential of technology*. World Economic Forum®.
- Yacoubian, H. A. (2018). Scientific literacy for democratic decision-making. *International Journal of Science Education*, 40(3), 308–327. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1420266>

**APÊNDICE I - AVALIAÇÃO DA LITERACIA CIENTÍFICA
ESSENCIAL (ALCE)**

ALCE

Este estudo tem como objetivo avaliar o nível de literacia científica dos estudantes ao final do 3.º ciclo do ensino básico, fornecendo indicadores capazes de auxiliar a monitorização do progresso da educação científica a níveis regional e nacional.

A participação no estudo é **anónima e confidencial**.

Os dados obtidos destinam-se apenas a tratamento estatístico e a publicações em revistas e encontros de natureza científica, sendo que nenhuma resposta será analisada ou reportada individualmente.

Consentimento informado

Declaro ter lido e compreendido as informações. Foi-me garantida a possibilidade de, em qualquer altura, recusar participar neste estudo sem qualquer tipo de consequências, assim como de a qualquer momento solicitar o acesso aos dados para retificação, atualização e até mesmo eliminação dos mesmos. Desta forma,

☐ aceito participar neste estudo e permito a utilização dos dados, que de forma voluntária forneço, confiando em que apenas serão utilizados para fins científicos e publicações que delas decorram e com as garantias de confidencialidade e anonimato que me são dadas pelo investigador.

Parte 1 – Caracterização dos respondentes

1. Sexo:

☐Feminino

☐Masculino

2. Idade:

___ anos

3. Agrupamento de Escola ou Escola em que estuda:

Agrupamento de Escola / Escola _____

4. Gosta da disciplina de Ciências Naturais?

☐Não gosto

☐Gosto pouco

☐Gosto

☐Gosto muito

☐Adoro

5. Já alguma vez reprovou na disciplina de Ciências Naturais?

☐ Sim

☐ Não

6. Gosta da disciplina de Físico-Química?

☐ Não gosto

☐ Gosto pouco

☐ Gosto

☐ Gosto muito

☐ Adoro

7. Gosta da disciplina de Físico-Química?

☐ Sim

☐ Não

8. Qual o curso que pensa escolher no Ensino Secundário?

☐ Curso de Ciências e Tecnologias

☐ Curso de Ciências Socioeconómicas

☐ Curso de Línguas e Humanidades

☐ Curso de Artes Visuais

☐ Cursos Profissionais

Parte 2 - Teste

Instruções:

- Este é um questionário composto por itens de verdadeiro e falso.
- As frases que estão em bold/negrito **devem ser entendidas como VERDADEIRAS.**
- A afirmação que você deve decidir se é verdadeira ou falsa está após a instrução.
- Caso você não saiba a resposta, selecione a opção "Não sei".

1. **A penicilina, um potente antibiótico, foi descoberto de forma acidental: ao sair de férias um pesquisador deixou placas com bactérias descobertas sobre a mesa. Ao voltar, verificou a presença de alguns fungos nas placas e que, em volta dos fungos, não havia bactérias. Refletindo sobre essa situação, o pesquisador realizou experiências para comprovar a sua hipótese de que os fungos produziam uma substância, a penicilina, que causava a morte das bactérias.** Pensando no método científico, o pesquisador planeou e realizou as experiências antes de elaborar a hipótese de que a penicilina poderia causar a morte das bactérias.

☐ Verdadeiro

☐ Falso

☐ Não sei

2. **Os investigadores procuram eliminar as influências pessoais, políticas e económicas que podem interferir na investigação científica, seja na escolha metodológica, nas fontes verificadas ou na análise dos dados da pesquisa.** As crenças, os valores e as experiências pessoais podem influenciar a forma como os investigadores analisam e divulgam os resultados da sua pesquisa, podendo gerar interpretações tendenciosas para um determinado fenómeno.

☐ Verdadeiro

☐ Falso

☐ Não sei

3. **Os resultados de uma investigação científica podem ser influenciados pelo acaso ou por fatores externos.** Para evitar tais influências é normal que os pesquisadores repitam as suas investigações antes de publicá-las.

☐ Verdadeiro

☐ Falso

☐ Não sei

4. Na investigação científica, é comum diferentes grupos de cientistas realizarem estudos similares. Quando estes estudos apresentam resultados diferentes, o desafio científico é o de encontrar o motivo das diferenças, propondo novas questões e realizando outros estudos.

☐ Verdadeiro

☐ Falso

☐ Não sei

5. Leis e teorias fazem parte da ciência. Enquanto as leis descrevem os fenómenos naturais, as teorias utilizam-nas para propor uma explicação de tais fenómenos. Após o estabelecimento de uma teoria, os cientistas da área deixam de lado as pesquisas relacionadas com essa teoria e passam a estudar outros fenómenos, já que, por se tratar de uma teoria científica, essa é considerada como uma verdade incontestável pela comunidade científica.

☐ Verdadeiro

☐ Falso

☐ Não sei

6. Toda a investigação científica segue um conjunto de regras, procedimentos e etapas para o estudo de um fenómeno. O sucesso, a credibilidade e a qualidade dos resultados de uma investigação científica são mais influenciadas pelo prestígio do investigador do que pelas evidências científicas alcançadas pela investigação.

☐ Verdadeiro

☐ Falso

☐ Não sei

7. A revolução técnico-científica associa o conhecimento científico ao uso da tecnologia da produção industrial. Nessa associação, o avanço na ciência possibilita o desenvolvimento de novas tecnologias e estas permitem a produção de mais conhecimento científico, tornando a ciência e a tecnologia áreas inseparáveis.

☐ Verdadeiro

☐ Falso

☐ Não sei

8. **A observação sempre foi uma das técnicas mais utilizadas no estudo da astronomia. Atualmente, graças à evolução da tecnologia dos instrumentos de observação, é possível gerar um grande conhecimento sobre o universo.** Esta evolução tecnológica permitiu ao homem descrever de forma precisa e incontestável a história do universo desde o *Big Bang*.

☐ Verdadeiro

☐ Falso

☐ Não sei

9. **Antigamente o ambiente, em especial o das cidades, era visto como foco de doenças infecciosas que dominavam o perfil da saúde das populações.** Atualmente, o desenvolvimento científico-tecnológico possibilitou a quase total erradicação de muitas doenças infecciosas que antes afetavam a maioria das populações, principalmente nos países de primeiro mundo.

☐ Verdadeiro

☐ Falso

☐ Não sei

10. **O GPS (Sistema de Posicionamento Global) é uma tecnologia que foi inventada com objetivos militares, para localizar submarinos com mísseis nucleares e para a precisão de acerto em alvos. Atualmente, praticamente todos os telemóveis possuem um sistema de GPS que permite uma navegação precisa.** Assim como o GPS, outros equipamentos científico-tecnológicos que trazem benefícios para a humanidade podem, também, ser utilizadas de forma a colocar em risco pessoas e o ambiente.

☐ Verdadeiro

☐ Falso

☐ Não sei

11. **O avanço do conhecimento científico é muito rápido e possibilita a modificação do futuro da humanidade, como é o caso da medicina, a qual permite que as pessoas vivam por mais tempo.** Essa rapidez pode fazer com que a ciência e a tecnologia, em pouco tempo, solucionem todos os problemas que afetam os seres humanos e o meio ambiente.

☐ Verdadeiro

☐ Falso

☐ Não sei

12. Embora tenha ocorrido de forma desigual em países desenvolvidos, em desenvolvimento e subdesenvolvidos, de 1950 até aos dias atuais, a expectativa de vida mundial aumentou mais de 20 anos. Este fenómeno pode ser explicado pelo avanço tecnológico na produção e armazenamento de alimentos, no saneamento básico e na medicina, os quais mudaram a forma como as pessoas vivem e trabalham, resultando num grande crescimento populacional.

☐ Verdadeiro

☐ Falso

☐ Não sei

13. Na última conferência internacional sobre o meio ambiente e o desenvolvimento foram debatidas estratégias de desenvolvimento sustentável e de economia verde, como as fontes renováveis de energia e a despoluição dos ecossistemas. Uma das preocupações internacionais é o facto de, em função do crescimento económico, a humanidade utilizar os recursos naturais de forma mais rápida do que os ecossistemas podem regenerar-se.

☐ Verdadeiro

☐ Falso

☐ Não sei

14. Um jornal publicou a seguinte notícia: “Na busca por energias renováveis, as indústrias têm dado preferência por aquelas que não causam impactos no meio ambiente, como a energia da biomassa, hidroelétrica, eólica e solar”. A notícia está apenas parcialmente correta, pois, apesar destas formas de energia serem renováveis, elas também causam impactos no ambiente, mas em menor proporção.

☐ Verdadeiro

☐ Falso

☐ Não sei

15. Foi encontrado fora do nosso sistema solar um planeta muito semelhante à Terra em tamanho, composição química e distância à sua estrela. Dentre outras características, este planeta apresenta uma atmosfera que bloqueia a entrada da maior parte da radiação solar e possui água apenas no estado sólido. Devido às suas características, este planeta poderia abrigar vida na forma como a conhecemos.

☐ Verdadeiro

☐ Falso

☐ Não sei

16. A teoria da Deriva Continental alega que num passado remoto os atuais continentes formavam uma única massa de terra firme, a Pangeia. A semelhança entre a forma dos bordos dos continentes é um dos indícios que sustenta essa teoria, o que é suficiente para suportá-la como um fato cientificamente verdadeiro.

☐ Verdadeiro

☐ Falso

☐ Não sei

17. As rochas formadas no passado e preservadas podem ser consideradas como a memória geológica do planeta Terra. O facto de algumas rochas possuírem registos fósseis, permite que os cientistas realizem a datação relativa. Assim, é possível datar as camadas das rochas com base nos fósseis que elas contém, permitindo relacionar a idade da rocha com a idade do fóssil que nela está preservado.

☐ Verdadeiro

☐ Falso

☐ Não sei

18. Imagine que um cubo de gelo foi deixado em cima da bancada à temperatura ambiente de 25°C. Após alguns minutos notou-se que havia água no local. A explicação física para este fenómeno é que o gelo recebeu calor do meio ambiente, fazendo com que suas moléculas se movimentassem mais livremente, passando para o estado líquido.

☐ Verdadeiro

☐ Falso

☐ Não sei

19. Na construção de uma casa foram necessários três materiais específicos. O material A foi utilizado nas instalações elétricas para melhorar a eficiência elétrica. O material B serviu para revestir as instalações elétricas. O material C foi utilizado para o corrimão da escada, que era tubular e em forma de espiral. Provavelmente, os materiais A e C serão compostos de elementos metálicos e o material B por elementos não metálicos.

☐ Verdadeiro

☐ Falso

☐ Não sei

20. No rótulo de uma garrafa de água mineral consta a seguinte composição química (mg/L): sílica (SiO_2) = 10; bicarbonato (HCO_3^-) = 0,3; cloreto (Cl^-) = 7,2; nitrato (NO_3^-) = 1,3; cálcio (Ca^{+2}) = 0,4; sódio (Na^+) = 4,2; magnésio (Mg^{+2}) = 0,7. Com base na composição química da água mineral, podemos classificá-la como uma substância composta com aspeto homogéneo.

☐ Verdadeiro

☐ Falso

☐ Não sei

21. Sabe-se que em Lisboa, ao nível do mar, a água congela a 0°C e entra em ebulição a 100°C . Na Serra da Estrela (cerca de 2000 metros acima do nível do mar) as temperaturas de fusão e ebulição continuam as mesmas, ou seja, a água congela a 0°C e entra em ebulição a 100°C .

☐ Verdadeiro

☐ Falso

☐ Não sei

22. No motor de uma máquina, 10 kg de combustível líquido sofreram combustão incompleta. Os produtos desta reação química estavam nos estados sólido e gasoso. Ao calcular a massa dos produtos após a reação química numa balança, percebeu-se que essa era menor do que a massa do combustível inicial. Uma possível explicação correta para este fenómeno é que as partículas no estado gasoso possuem menos massa do que no estado líquido.

☐ Verdadeiro

☐ Falso

☐ Não sei

23. Um carro desloca-se por uma estrada plana a 60 km/h. Ao descer uma ladeira, o motorista mantém a velocidade constante de 60 km/h. Durante a descida, há conservação da energia mecânica, pois, ao descer a ladeira, a energia potencial vai se transformando em energia cinética.

☐ Verdadeiro

☐ Falso

☐ Não sei

24. Numa experiência, o professor amarrou um balão bem esticado numa das extremidades abertas de uma lata e colocou uma pequena bola de esferovite sobre o balão. Em seguida, tocou um tambor perto da lata. É correto afirmar que a vibração do toque do tambor originou uma onda que se propagou pelo ar até à lata, fazendo com que o balão vibrasse, movimentando a bola de esferovite.

☐ Verdadeiro

☐ Falso

☐ Não sei

25. Considere um astronauta em uma estação espacial em órbita da Terra. Pelo facto de não estar na superfície do planeta, a força gravítica terrestre deixa de exercer efeito no astronauta.

☐ Verdadeiro

☐ Falso

☐ Não sei

26. Ao saltar de um avião, a força da gravidade gera uma aceleração no corpo de um paraquedista, aumentando a sua velocidade até um certo limite. Ao abrir o paraquedas, ocorre a diminuição da sua velocidade de queda e, ao fim de alguns segundos, a força de resistência do ar iguala-se à força da gravidade e a aceleração do paraquedista passa a ser zero. A partir deste momento, a velocidade do paraquedista vai diminuindo pouco a pouco até pousar.

☐ Verdadeiro

☐ Falso

☐ Não sei

27. Suponha que num ecossistema em equilíbrio existem uma população de produtores, uma de consumidores primários, uma de consumidores secundários e uma de consumidores terciários. Acidentalmente, foi introduzida uma espécie exótica, que não pertence a esse ecossistema, e que se alimentou dos consumidores secundários. É de se esperar um dano ambiental que aumente o tamanho da população de consumidores primários, diminuindo o tamanho das populações de produtores e consumidores terciários que, ao longo do tempo, podem deixar de existir no local.

☐ Verdadeiro

☐ Falso

☐ Não sei

28. Considere duas populações, A e B. Os organismos da população A reproduzem-se sexuadamente. Os organismos da população B reproduzem-se assexuadamente. A diversidade intraespecífica será maior na população B, pois as altas taxas de mutação nesta forma de reprodução geram maior variabilidade genética do que as taxas de recombinação de material genético da reprodução sexuada.

☐ Verdadeiro

☐ Falso

☐ Não sei

29. A principal ideia da Teoria Celular é a de que todos os seres vivos são semelhantes na sua composição. A Teoria Celular consolidou a ideia de que todos os seres vivos conhecidos, com exceção dos vírus, apresentam uma estrutura morfológica e funcional comum, a célula.

☐ Verdadeiro

☐ Falso

☐ Não sei

30. Na reprodução humana, apenas um espermatozoide é capaz de fecundar um óvulo. Quando ocorre a formação de gémeos não idênticos, ou seja, que não foram originados por um óvulo e um espermatozoide, dois espermatozoides fecundam o mesmo óvulo e, posteriormente, durante as divisões celulares, ocorre uma separação, formando dois indivíduos independentes e diferentes entre si.

☐ Verdadeiro

☐ Falso

☐ Não sei

31. Aproximadamente 60% da população portuguesa adulta está acima do peso e 24% é obesa. O sobrepeso e a obesidade aumentam o risco de doenças cardiovasculares, a principal causa de doença e morte em Portugal. Neste cenário, a adoção da dieta mediterrânica torna-se uma estratégia de promoção da saúde, já que tem como principal objetivo diminuir a quantidade dos alimentos ingeridos, gerando a redução do consumo de calorias e evitando a obesidade.

☐ Verdadeiro

☐ Falso

☐ Não sei

32. Suponha que uma criança tomou uma vacina contra a gripe. Sabe-se que a vacina introduziu microrganismos causadores do vírus da gripe mortos ou enfraquecidos no corpo da criança. A resposta imunológica esperada é que os leucócitos, ou glóbulos brancos, identifiquem os microrganismos e os combatam capturando-os e digerindo-os ou produzindo anticorpos que os destruirão.

☐ Verdadeiro

☐ Falso

☐ Não sei

33. Ao conversar sobre métodos contraceptivos, Maria afirmou que a pílula anticoncepcional, por ser feita à base de hormonas femininas e receitada por médicos, previne 100% a gravidez. O José disse que, apesar de prevenir a gravidez indesejada, poucos métodos previnem as DST. E o João afirmou que um dos métodos contraceptivos mais eficientes é retirar o pénis da vagina antes de ejacular. A Maria e o José estão corretos nas suas afirmações.

☐ Verdadeiro

☐ Falso

☐ Não sei

34. Num hospital do interior do país, um homem foi diagnosticado com a gripe A, H1N1. O médico receitou um antibiótico e repouso absoluto ao paciente. Tendo em vista que se trata de uma doença respiratória causada por um vírus, o tratamento receitado pelo médico foi inadequado, pois os antibióticos combatem bactérias e não tem efeito sobre os vírus.

☐ Verdadeiro

☐ Falso

☐ Não sei

Muito obrigado pela sua participação!

**APÊNDICE II - AVALIAÇÃO DA LITERACIA CIENTÍFICA
ESSENCIAL (ALCE) - CHAVE DE RESPOSTAS**

ALCE - Chave de Respostas

- | | |
|----------------|----------------|
| 1. Falso | 18. Verdadeiro |
| 2. Verdadeiro | 19. Verdadeiro |
| 3. Verdadeiro | 20. Falso |
| 4. Verdadeiro | 21. Falso |
| 5. Falso | 22. Falso |
| 6. Falso | 23. Falso |
| 7. Verdadeiro | 24. Verdadeiro |
| 8. Falso | 25. Falso |
| 9. Verdadeiro | 26. Falso |
| 10. Verdadeiro | 27. Verdadeiro |
| 11. Falso | 28. Falso |
| 12. Verdadeiro | 29. Verdadeiro |
| 13. Verdadeiro | 30. Falso |
| 14. Verdadeiro | 31. Falso |
| 15. Falso | 32. Verdadeiro |
| 16. Falso | 33. Falso |
| 17. Verdadeiro | 34. Verdadeiro |