Revista Brasileira de Educação em Geografia
www.revistaedugeo.com.br
ISSN 2236-3904

ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA NA PERSPECTIVA DAS CIÊNCIAS DA NATUREZA: discussões a partir de domínios do conhecimento científico

Lúcia Helena Sasseron
sasseron@usp.br

Professora Doutora da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (FE-USP).

ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5657-9590

Rena de Paula Orofino
r.orofino@usp.br

Professora Doutora da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (FE-USP).

ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4631-3187

RESUMO

Neste artigo, a partir de uma perspectiva do ensino de Ciências da Natureza, temos o objetivo de discutir aspectos que sustentam concepções de alfabetização científica e sua relação com elementos do histórico das pesquisas em Educação em Ciências, bem como propor elementos que podem ser considerados para o planejamento de aulas que tenham como intuito o desenvolvimento da alfabetização científica de estudantes. Por isso, trazemos ao centro da discussão os domínios do conhecimento científico para apontar relações entre tais domínios em ações didático-pedagógicas e anunciam considerações para a progressão da mobilização dos domínios em diferentes etapas da educação básica. Entendemos que as ideias expostas neste texto podem trazer contribuições tanto para pesquisas em ensino quanto para a prática de sala de aula.

PALAVRAS-CHAVE

Alfabetização científica; Ciência como prática social; Educação básica.

SCIENTIFIC LITERACY FROM THE NATURAL SCIENCES PERSPECTIVE: discussions based on scientific knowledge domains

ABSTRACT

In this article, from a perspective of teaching Natural Sciences, we aim to discuss aspects that support concepts of scientific literacy and their relationship with elements of the history of research in Science Education, as well as to propose elements that can be considered for planning lessons that aim to develop students' scientific literacy. Therefore, we center the discussion in science domains to point out relationships between such domains in didactic-pedagogical actions and announce considerations for the progression of the mobilization of the domains along K-12 education. We understand that the ideas presented in this text can bring contributions both to research in teaching and to classroom practice.

KEYWORDS

Scientific literacy; Science as social practice; K-12 education.

LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA DESDE LA PERSPECTIVA DE LAS CIENCIAS NATURALES: discusiones basadas en dominios del conocimiento científico

RESUMEN

En este artículo, desde una perspectiva de enseñanza de las Ciencias Naturales, pretendemos discutir aspectos que fundamentan los conceptos de alfabetización científica y su relación con elementos de la historia de la investigación en Educación en Ciencias, así como proponer elementos que puedan ser considerados para la planificación de clases que tengan como objetivo el desarrollo de la alfabetización científica de los estudiantes. Para ello, centramos la discusión en los dominios científicos para señalar las relaciones entre dichos dominios en las acciones didáctico-pedagógicas y anunciar consideraciones para la progresión de la movilización de los dominios a lo largo de la educación primaria y secundaria. Entendemos que las ideas presentadas en este texto pueden aportar contribuciones tanto a la investigación en la enseñanza como a la práctica en el aula.

PALABRAS CLAVE

Alfabetización científica; Ciencia como práctica social; Educación primaria y secundária.

Introdução

Reconhecendo que discussões sobre alfabetização científica (AC) têm recebido atenção de pesquisadores do ensino de Geografia (Ferreira; Moraes, 2023; Moraes, 2016;

Guridi; Cazetta, 2014), começamos a discussão deste texto posicionando nosso eixo no ensino das Ciências da Natureza ou, simplesmente, Ciências[1].

A alfabetização científica tem sido entendida como um objetivo do ensino das Ciências seja em contextos formais ou não formais de ensino (Feinstein, 2011; Kauano; Marandino, 2022; Krasilchik; Marandino, 2007; Milaré et al., 2021; Silva; Sasseron, 2021; Sasseron, 2015). A própria ideia e a expressão "alfabetização científica" são alvos de intensos debates ainda nos dias atuais. Se, entre falantes da língua inglesa, não há consenso sobre o momento histórico ou textos em que a expressão primeiramente apareceu (Rudolph, 2024; Laugksch, 2000; Hurd, 1998), aqui no Brasil, há ampla discussão ainda hoje sobre a própria expressão e o que ela significa ou representa (Cunha, 2018; 2017; Sasseron; Carvalho, 2011; Silva; Sasseron, 2021).

Adotamos aqui a concepção de que a alfabetização científica se vincula à perspectiva formativa em que as pessoas têm contato com elementos da cultura científica por meio do ensino de Ciências, podendo conhecer e compreender as normas, valores, práticas, circunstâncias e condicionantes imbricados à atividade científica para que possam, então, entender e criticar a ciência, além de decidir usar ou não os conhecimentos científicos para atuar em questões que afetam a sociedade em que vivem, tornando-a mais justa. Não se almeja, com isso, a formação de cientistas, mas a formação de pessoas que, vivendo em uma sociedade em que os conhecimentos, os processos e os produtos das ciências fazem parte da vida cotidiana, possam compreender informações que se vinculam às ciências podendo avaliar sua validade, seja do ponto de vista conceitual, seja a partir de busca por elementos que explicitem critérios envolvidos com construção da informação, especialmente em relação ao campo de conhecimento e à existência de perspectivas sociais e epistêmicas que sustentam sua proposição e análise.

Sob esta perspectiva, é importante salientar o entendimento de que a alfabetização científica também não é a expectativa de que, ao conhecer sobre ciências, as pessoas possam sempre utilizar esses conhecimentos e apenas eles para a análise de situações e contextos em que surgem, para elas, novos problemas e informações. Partimos, portanto, da premissa de que a análise de fatos e de informações é processo social, sustentado por características e modos de pensar e de agir vinculados aos âmbitos de vivência, convivência e experiências das pessoas (Feinstein; Waddington, 2020; Valladares, 2021; Silva; Sasseron, 2021) e, não necessariamente, processo racional, que

[1] Ao longo do texto, todas as vezes em que houver referência à disciplina Ciências da Natureza, usaremos as iniciais em maiúsculas. Para a referência à área de pesquisa, usaremos a palavra ciências com inicial em minúscula.

busca nas áreas de conhecimento as informações e os processos únicos ou privilegiados para a avaliação e a tomada de decisões.

Considerando a alfabetização científica sob estes pressupostos, neste artigo, temos o objetivo de discutir como essa ideia foi se modificando ao longo dos anos nas pesquisas em Educação em Ciências e o que precisa ser considerado para o planejamento de aulas que tenham como intuito o desenvolvimento da alfabetização científica de estudantes.

Ideias sobre alfabetização científica nas pesquisas em Educação em Ciências

Começamos esta seção por destacar que discussões sobre as aulas de Ciências caminham atreladas a ideais formativos de um dado momento histórico que podem ser compreendidas a partir da ideia de alfabetização científica. As próprias concepções de AC parecem ter relação também com o desenvolvimento das pesquisas na área de Educação em Ciências e com os estudos sobre a atividade científica. Considerado por alguns como o texto que primeiro usa a expressão "scientific literacy" (Hurd, 1998; Laugksch, 2000, Bingle; Gaskell, 1994, Bybee; DeBoer, 1994), o artigo "Science literacy: its meaning for american schools" (Hurd, 1958) discute as escolas estadunidenses no contexto pós Segunda Guerra Mundial, reconhecendo as inovações científicas e tecnológicas que passam a estar cada vez mais presentes no cotidiano e, com base nisso, afirma a importância de que as escolas assumam o desafio de oferecer mais conhecimentos sobre as ciências para as pessoas.

Nesse contexto, surgem projetos de ensino, como PSSC, BSCS e Chem Study, com foco na formação de estudantes pelo contato com conceitos científicos e com procedimentos pelos quais se pode comprovar ou verificar o que foi estudado teoricamente ou realizar descobertas a partir da realização de atividades experimentais. Nos dias atuais, essa concepção de alfabetização tem sido chamada de concepção I e, além dos elementos já mencionados, caracteriza-se por ter como foco a aprendizagem para a mudança conceitual (Valladares, 2021).

As ideias sobre alfabetização científica discutidas por Fourez (1994) trazem o entendimento de que ela se caracteriza pela promoção de uma cultura científica e tecnológica necessária como fator de inserção das pessoas cidadãs na sociedade atual. Fourez (1994) reconhece que as aulas de ciências com ênfase em conceitos e procedimentos, pautadas na formação de técnicos e especialistas, deveriam ser

reavaliadas considerando “renovar o ensino de ciências e de religá-lo ao seu contexto humano” (p.16, tradução nossa).

Ao considerar a formação para a cidadania, Fourez (1994) passa a expor elementos que dialogam com a concepção II de AC (Valladares, 2021), especialmente por considerar que o objetivo do ensino das Ciências seja permitir o desenvolvimento de atitudes das pessoas envolvendo e fazendo uso de aspectos trabalhados pelas ciências. Em perspectiva semelhante, Lemke (2006) já propunha que as aulas da disciplina não deveriam almejar somente a formação de futuros cientistas, o autor discute nuances de diferença em se abordar ciências em diferentes momentos da escolarização e apresenta a possibilidade de que, conhecendo sobre ciências, as pessoas possam tomar “decisões pessoais ou políticas inteligentes sobre questões médicas ou tecnológicas” (2006, p.11, tradução nossa).

Entendemos que as proposições de Fourez (1994) e de Lemke (2006) para o ensino de Ciências voltado aos anos finais do século XX e iniciais do século XXI parecem incorporar ideias advindas de estudos sobre a própria atividade científica. Destacamos aqui os trabalhos de Rachel Carson (2010), “Primavera silenciosa”[2], que expõe e discute exemplos de ações humanas, com uso de ciência e de tecnologia, impactando o ambiente, e de Thomas Kuhn (2007), “A estrutura das revoluções científicas”[3], discutindo e exemplificando as relações entre o desenvolvimento científico e questões históricas, sociais e culturais. Como representadas nas ideias de Fourez (1994) e de Lemke (2006), as perspectivas para a alfabetização científica na concepção II (Valladares, 2021) consideram pressupostos sócio-culturais para a aprendizagem que podem ser manifestados em situações de resolução de problemas.

No entanto, mudanças na própria estrutura organizacional da sociedade mundial trazem novos problemas às pessoas e ao planeta. Saber resolver problemas em perspectivas científicas já não é suficiente para interagir com o mundo e avaliar informações e contextos. A concepção III de AC (Valladares, 2021) destaca a necessidade de que o pensamento crítico seja mobilizado, como forma de avaliar situações, considerando aspectos éticos que englobam as ciências, mas extravasam seu âmbito e seu alcance.

Um exemplo de situação em que aspectos da concepção III de AC surgem é o estudo de Jiménez-Aleixandre (2004) sobre um problema que afetou diretamente a vida

[2] Publicado originalmente em 1962.

[3] Publicado originalmente no mesmo ano de 1962.

de uma comunidade litorânea após o derramamento de óleo no oceano por um navio cargueiro. No estudo, a autora explora o envolvimento de docentes e profissionais da escola, bem como famílias de estudantes na tentativa de buscar avaliar meios para mitigar ou arrefecer os danos trazidos à comunidade, bem como estratégias e políticas para evitar tragédias semelhantes.

Na concepção mais recente de alfabetização científica, entende-se que as situações em que as pessoas estão envolvidas cotidianamente não são exclusivamente científicas e, por isso, a avaliação que fazem de informações e suas tomadas de decisão encontram respaldo também em outras esferas de socialização e de pertencimento (Feinstein, 2011; Feinstein; Waddington, 2020). Com isso, entender o papel das ciências na sociedade e o papel que as informações sobre ciências têm para a sociedade e trazem para ela tornam-se elementos importantes para planejar ações que visem ao desenvolvimento da alfabetização científica.

Para esta finalidade, vários encaminhamentos curriculares e metodológicos podem ser realizados e alguns caminhos possíveis seriam a exposição e a exemplificação de casos em que as ciências afetam nosso cotidiano, de como as informações científicas chegam até nós e de como são interpretadas pela sociedade em ampla perspectiva. Por entendermos que essas possibilidades reforçam ou se ancoram em perspectivas tradicionais de ensino, não são abordagens que nos interessam para o diálogo neste texto. Defendemos que aulas de Ciências em que o desenvolvimento da alfabetização científica está alinhado com o que é propagado pela concepção III têm relação com o envolvimento de estudantes com práticas das ciências. As práticas das ciências fazem referência a instâncias e modos de ação realizados por cientistas e seria possível transpor algumas delas para a sala de aula. Com isso, permitimos que estudantes entrem em contato com processos da atividade científica que se mostram tanto epistêmicos, porque se vinculam à expectativa de construção de novos entendimentos, quanto sociais, porque estão circunscritos e circunscrevem acordos e normas por meio das quais se propõe e se avalia esses novos entendimentos.

Sobre a atividade científica como prática e o ensino de Ciências como prática social

A partir da década de 1990, estudos em filosofia da ciência têm destacado questões sociais da atividade científica. Longino (1990; 2002) argumenta que os conhecimentos propostos no âmbito das ciências têm algum grau de objetividade porque

são conhecimentos produzidos em âmbito social. De acordo com ela, os critérios que garantem objetividade aos conhecimentos comunicados por cientistas são atingidos a partir de normas sociais: a existência de fórum, a receptividade à crítica, a existência e o reconhecimento de padrões públicos de conhecimentos e de formas de construir conhecimento e a igualdade moderada.

Harding (2019) discute o que seria a objetividade, ponderando a impossibilidade de neutralidade que teoricamente acompanharia o termo. Alguns corpos teriam objetividade inata, enquanto outros seriam incapazes de desenvolvê-la. O papel dos grupos de cientista de um campo seria identificar valores e interesses possíveis em um discurso, porém, a falta de diversidade nos campos de conhecimento, levaria apenas à manutenção de concepções machistas, eurocêntricas e brancas de mundo, o que a autora define como "objetividade fraca". As ciências não são neutras e o questionamento das formas de organização, das práticas sociais e das políticas cotidianas nos aproximaria de uma "objetividade forte". Dessa maneira, pode-se dizer que Harding (2019) se aproxima das normas sociais propostas por Longino (1990; 2002) e avança na defesa de uma sociedade diversa no fazer científico.

Em perspectiva semelhante, Knorr-Cetina (1999) investiga o papel das práticas para a constituição de identidades sociais e culturais. Entende que as diferentes formas de realizar estudos, na relação com o objeto de pesquisa e com as formas e materiais para a atividade, dão origem a culturas epistêmicas que estão diretamente ligadas às suas práticas, em outras palavras, para Knorr-Cetina (1999), é preciso conhecer como se constrói conhecimento em uma área para entender os processos sociais do grupo e, portanto, a cultura daquele campo epistêmico. Ao estabelecer o campo da construção do conhecimento como o local e o objeto de estudo, pesquisas como a de Knorr-Cetina (1999), Pickering (1995) e Rheinberger (1997) permitem vislumbrar as intrínsecas e profícuas relações que vão se construindo entre pessoas, objetos epistêmicos e condições materiais para a investigação (aqui incluídos não apenas materiais de laboratório e utilizados para experimentação, mas também materiais intelectuais desenvolvidos com o intuito de colaborar para a atividade intelectual).

No âmbito das pesquisas em Educação em Ciências no Brasil, a discussão de inserção de práticas como elemento curricular remonta há algumas décadas. É possível entender, por exemplo, que as ideias trazidas dos estudos de Dewey (1976)[4] sobre relações entre educação e experiência trazem as práticas para o centro das atividades

[4] A versão consultada para a escrita deste texto foi a edição traduzida para a língua portuguesa e publicada em 1976, mas o original foi publicado pela primeira vez em 1938.

didáticas, mas esta concepção de prática, como a realização de procedimentos para análise que leve à descoberta, à verificação ou à comprovação de uma ideia, não corresponde à ideia de prática discutida entre os filósofos da ciência que menciona, nem àquela que desejamos discutir neste texto. Para perspectivas trazidas por filósofas das ciências como Longino (1990) e Knorr-Cetina (1999), a prática é tomada como as ações, socialmente localizadas, utilizadas para saber algo e para garantir como se sabe algo sobre alguma coisa.

Dentre as práticas sociais das ciências, as práticas epistêmicas têm sido um tópico de pesquisa bastante abordado recentemente (Franco; Munford, 2020; Jiménez-Aleixandre; Crujeiras, 2017; Kelly, 2008; 2011; 2014; 2016; Kelly; Licona, 2018; Milena; Munford; Correia Fernandes, 2023; Sasseron, 2015; 2021) e revelam ações didático-pedagógicas para que estudantes tenham contato com atividades de investigação, argumentação e modelagem em processos de comunicação, proposição, avaliação e legitimação de conhecimentos (Jiménez-Aleixandre; Crujeiras, 2017; Kelly; Licona, 2018; Mendonça; Justi, 2013; Sasseron, 2018; Silva, 2015; Silva; Trivelato, 2017).

Também é importante destacar que, conforme Kelly e Licona (2018) propõem, as práticas epistêmicas são interacionais porque ocorrem por meio de interações, contextuais, uma vez que são situadas no tempo e no espaço social em que são mobilizadas, intertextuais, já que podem estar associadas a diferentes discursos e consequenciais, por definirem o que é conhecimento válido no grupo. Ou seja, elas revelam ações intelectuais realizadas em grupo e, por isso, estão circunscritas a normas e modos reconhecidos pelo grupo, podendo estes serem alterados ao longo e a partir da própria mobilização de práticas.

O ensino de ciências como prática social tenta evidenciar, em sala de aula, práticas das ciências e, por meio delas, permitir que estudantes reconheçam o modo científico de analisar situações, que é, ao mesmo tempo, epistêmico e social. Entendemos que, ao realizar o ensino de Ciências por meio de acesso e mobilização de práticas científicas, estudantes podem construir mais um modo de pensar sobre situações de seu entorno e, por isso, considerar as ciências e seus modos de investigação e análise como um potencial modo que auxilie em suas tomadas de decisão. Em suma, entendemos que o ensino de ciências como prática social pode permitir o desenvolvimento da alfabetização científica tal qual a apresentamos anteriormente.

Assim, se do ponto de vista teórico marcamos nossas percepções sobre a alfabetização científica e como pode ser trabalhada, resta discutir efetivamente como colocá-la em desenvolvimento em sala de aula.

O que abordar em aulas com foco na alfabetização científica?

Não temos a pretensão de expor um receituário infalível e independente da figura docente de atividades em que a alfabetização científica pode ser desenvolvida. Entendemos, contudo, que é possível discutir linhas gerais sobre o que deveria estar em mobilização na sala de aula para que a AC possa acontecer. Retomando as ideias apresentadas anteriormente, a AC almejada é a da concepção III de Valladares, na qual as ideias fundamentais de alfabetização se mantém, mas se expandem as ideias derivadas para incluir a emancipação, a interseccionalidade, além da luta contra o cientificismo, contra o racismo e contra o neocolonialismo. O ensino de ciências, gerador de transformações sociais e que passa a enfatizar as práticas da ciência (e a ciência como prática social), se beneficia de um trabalho integrado entre os domínios do conhecimento científico.

Para que as salas de aula se tornem espaços em que práticas epistêmicas são realizadas por estudantes, Duschl (2008) propõe a abordagem integrada de três domínios do conhecimento científico: conceitual, epistêmico e social. De modo a complementar a ideia, a partir da constatação da necessidade e da importância do uso de materiais físicos e intelectuais para a atividade científica, Stroupe (2014) propõe o domínio material como quarto domínio do conhecimento científico. Ao construirmos relações entre os domínios do conhecimento científico, esperamos contribuir para o trabalho docente voltado para a AC na concepção III.

O domínio conceitual (DC) do conhecimento científico vincula-se aos conceitos, leis, teorias e aos processos para raciocinar cientificamente. Conceitos são valorizados historicamente e poderíamos dizer que são o domínio que está presente no ensino de Ciências. Na concepção III de AC, a mobilização dos conceitos não deveria ser realizada de modo isolado. Ou seja, o domínio conceitual se estabelece na relação com os demais domínios (epistêmico, social e material).

O domínio epistêmico (DE) do conhecimento científico envolve os processos para desenvolver e avaliar conhecimentos e entendimentos sobre fenômenos naturais. Com isso, pode ser associado a ações desempenhadas para saber algo e para referendar os conhecimentos que se tem ou que se constrói, o que não se restringe à realização de atividades práticas e experimentais, mas, especialmente, aos processos e às práticas que permitem a proposição, a avaliação e a legitimação de conhecimentos em ciências. Tais práticas, como mencionamos anteriormente, são práticas sociais das ciências, ou seja,

demanda o domínio social. Demanda também o material, uma vez que os instrumentos são cruciais para a proposição e legitimação dos conhecimentos em ciências.

A existência de normas, valores e regras por meio das quais se constrói, avalia e legitima conhecimentos em ciências caracteriza o domínio social (DS) do conhecimento científico. O domínio social representa a compreensão de como se constrói conhecimento em ciências e os critérios envolvidos para avaliar e validar estes conhecimentos. Assim, todas as vezes em que práticas compartilhadas pela comunidade científica são colocadas em discussão e abordadas em sala de aula, é possível que o domínio social do conhecimento científico esteja sendo desenvolvido. Há a possibilidade desta abordagem ocorrer de modo tradicional, ou seja, apenas sendo expostas as normas e as práticas compartilhadas em comunidades científicas durante as atividades de construção de conhecimento, mas também é possível que, em sala de aula, estudantes se engajem com o domínio social do conhecimento científico em situações em que, por exemplo, há discussão sobre a adequação de um modo de investigar uma situação ou sobre a validade de um dado face ao problema que se analisa.

Por fim, o domínio material (DM) do conhecimento científico diz respeito à criação, ao uso e à adaptação de ferramentas para a investigação, bem como aos modos desenvolvidos intelectualmente para organizar e sustentar o trabalho. Os conhecimentos construídos estão intimamente atrelados a tais ferramentas e modos intelectuais, por exemplo, a compreensão do mundo microscópico se faz por meio dos instrumentos ópticos e a interpretação de lâminas e artefatos aumentados também passa por um nível de interpretação do mundo visual. Representações pictóricas, como tabelas, gráficos e mapas, também são elementos características do domínio material do conhecimento científico.

Considerando os apontamentos trazidos nos parágrafos anteriores, entendemos ser possível avançar na discussão e avaliar possíveis relações entre os domínios do conhecimento científico para o planejamento de atividades que pretendam desenvolver a alfabetização científica.

Entendemos que seja possível ponderar sobre a progressão no modo como os domínios do conhecimento científico podem ser mobilizados ao longo da educação básica, uma vez que podemos considerar níveis de dificuldade e complexidade nas relações a serem construídas entre os domínios. Um importante comentário precisa ser trazido neste contexto: como os domínios do conhecimento científico trazem aspectos das práticas sociais das ciências para o centro da discussão e como, tipicamente, as ações didático-pedagógicas que incluem práticas das ciências são focadas em práticas

experimentais, é preciso atenção para não reforçar a ilusão de que há um método científico que deve ser abordado em aulas de Ciências e que esse método seria hipotético-dedutivo (Bicak; Bicak, 1988; Wivagg; Allchin, 2002; Windschitl et al., 2008). No Quadro 1, a progressão que se apresenta está estruturada em torno de possíveis ações para investigações e análises para além da simples experimentação para confirmação e verificação de ideias e para teste de hipóteses.

Por percebermos mudanças significativas entre os três primeiros anos do Ensino Fundamental e os outros dois que configuram o que é chamado por anos iniciais do Ensino Fundamental, propomos a organização em níveis que, para este momento específico da escolarização, não segue diretamente a estrutura organizacional que surge no documento oficial nacional, a BNCC.

Quadro 1 - Progressão dos domínios do conhecimento científico no Ensino Fundamental e no Ensino Médio

Nível	DC	DE	DS	DM
1º ao 3º ano do Ensino Fundamental	Estabelecer noções gerais entre fatos observados (conceitos não são nomeados, relações não são generalizáveis).	Transformar curiosidade em problemas e elaborar modos para estudá-los; Articular as informações coletadas para responder ao problema estudado.	Identificar modos próprios das ciências para resolver problemas (observação, experimentos e registros).	Transformar observações em registros gráficos: desenhos, escritas ou tabulações (aprender o que é uma inscrição literária).
4º ao 5º ano do Ensino Fundamental	Estabelecer relações entre fenômenos e generalizações para nomear e conceitualizar tais fenômenos.	Ensaiar arranjos metodológicos para resolver um problema; comparar os diferentes tipos de evidências obtidas para identificar se o problema foi respondido.	Avaliar a adequação dos arranjos metodológicos planejados; estabelecer acordos para avaliação de informações.	Organizar registros que relacionem variáveis coletadas; Fazer uso de materiais e equipamentos com o propósito de implementar a metodologia definida.

6º ao 9º ano do Ensino Fundamental	Expandir noções conceituais para compreender situações semelhantes; relacionar conceitos que explicam aspectos distintos de um fenômeno.	Construir arranjos metodológicos adequados para resolver um problema; avaliar explicações na relação com as evidências obtidas no estudo.	Propor metodologias a partir da análise de variáveis pertinentes ao problema, com a possibilidade de propor novas variáveis para arranjos metodológicos comuns ou desenhos investigativos.	Usar ou desenvolver modos de resolver um problema metodológico a partir de informações coletadas ou à disposição; organizar dados coletados para demonstrar padrões a serem utilizados como
Ensino Médio	Identificar fenômenos novos que podem ser explicados por um conceito conhecido.	Justificar os modos de investigar propostos para resolver um problema a partir de argumentos que considerem a exequibilidade de processos físicos ou a coerência dos processos mentais; avaliar evidências anômalas como possibilidade para novas investigações.	Avaliar modos de análise de situações considerando a reprodutibilidade e a adequação à situação.	Avaliar a existência de dados anômalos na relação com o tipo de material e procedimento utilizados para a investigação; estabelecer expressões algébricas que sintetizem a explicação de um fenômeno.

Org.: Elaboração das autoras, 2024.

Relações entre os domínios do conhecimento científico

Conforme Duschl (2008) e Stroupe (2014) propõem, o trabalho com os domínios do conhecimento científico deve ser integrado. Compreendendo que eles representam elementos imbricados para e na proposição e avaliação de conhecimentos no âmbito das ciências, e tomadas pela concepção de que alfabetizar cientificamente se relaciona ao contato com elementos culturais da atividade científica, propomos que a abordagem concatenada dos domínios pode efetivar processos em que as ciências sejam reconhecidas como ações sociais para construção de entendimento de fenômenos naturais e situações a eles relacionadas.

São várias as possibilidades de agrupamentos e relações entre os domínios do conhecimento científico, assim como é possível considerar progressão e complexificação

no modo como são abordados. Começamos por explicitar as relações. Em se tratando de quatro domínios do conhecimento científico, optamos por expor possíveis relações entre eles. Afirmamos que as relações propostas aqui podem não acarretar em oportunidades para o desenvolvimento da AC, mas é importante trazê-las como um exercício para a compreensão de como se caracterizam os diferentes domínios do conhecimento científico e de como podemos vinculá-los entre si, considerando ações didático-pedagógicas regulares.

O domínio conceitual (DC) do conhecimento científico pode ser um bom ponto de partida, uma vez que é o mais favorecido no ensino de Ciências (Hodson, 2014). DC e DE podem se relacionar em atividades nas quais se objetiva que estudantes construam relações entre variáveis (sejam relações legais ou causais - Piaget, 1978) a partir de ações que foram por eles planejadas para a resolução de um problema a partir de arranjos experimentais já existentes e disponíveis. DC também pode se relacionar ao DS, algo que pode ser realizado em atividades com abordagem tradicional transmissiva e em que normas, práticas e valores da atividade científica sejam expostos como elementos constituintes das próprias ciências e condicionantes para a construção de conceitos. Um importante comentário precisa ser feito aqui: não estamos defendendo a realização privilegiada de atividades transmissivas, mas destacamos que é possível mobilizar DS sem relação com DE de modo apenas informativo. Além disso, DC e DM podem ser encontrados em ações didático-pedagógicas que fazem uso de fórmulas e expressões algébricas tanto para especificar o conceito quanto para praticar a resolução de exercícios.

DE e DS são domínios do conhecimento científico já muito diretamente relacionados uma vez que ambos se vinculam diretamente a ações para a investigação de problemas. No entanto, eles surgem melhor conectados quando as ações didático-pedagógicas se aproximam à investigação, planejada para relacionar hipóteses e os modos construídos para a resolução e análise de uma situação. Já a relação entre DE e DM pode ser encontrada em atividades pautadas em análise de dados. A organização de dados em gráficos ou tabelas representa o domínio material e, ao ser utilizada para a análise, ou como elemento que sustenta a análise, vincula-se ao domínio epistêmico.

O último par seria a relação entre DS e DM, em atividades de execução de procedimentos e de práticas, apresentados ou reconhecidos como referendados pelas ciências, gerando informações, dados ou registros.

Podemos relacionar os domínios também em trios e identificar ações didático-pedagógicas que os relacionam. DC, DE e DS caracterizam-se por serem ações para a

abordagem ou a construção de entendimento sobre conceitos a partir de construção de modos para investigação e da discussão sobre a adequação e a validade das ações planejadas para a resolução do problema. Sendo assim, poderiam ser relacionados em ações pedagógicas em que fossem trabalhadas a escolha de variáveis de forma contextualizada, podendo-se usar de casos reais das ciências em que decisões dessa natureza foram realizadas.

Já DC, DE e DM surgem relacionados em atividades em que, para a construção de entendimentos sobre conceitos, são discutidos e desenvolvidos planos de investigação sobre uma questão que prevejam ou realizem a obtenção de dados e sua organização para a análise.

A relação entre DE, DS e DM surge quando ocorrem discussões para construir um arranjo experimental e análises sobre sua adequação e validade do ponto de vista científico, mas também na relação direta com o problema que se investiga, bem como o potencial de que tal arranjo possa gerar dados, informações e registros confiáveis.

Por fim, quando os quatro domínios do conhecimento científico, DC, DE, DS e DM, estão relacionados ocorrem ações didático-pedagógicas que prevêem a construção de entendimento sobre um dado conceito, por meio da construção e da proposição de modos de investigação em que a adequação e confiabilidade destes modos são avaliadas, considerando também a forma como coletar e organizar informação, dado ou registro confiável para sustentar o entendimento sobre a situação.

Considerações finais

Ao longo do texto, discutimos alguns aspectos que trazem a concepção III de AC como aquela que entendemos mais adequada para a formação escolar no contexto atual. Desenvolver a concepção III de AC implica oferecer condições para que estudantes possam participar de maneira crítica e ética nas discussões e decisões de seu cotidiano, para também esboçar as transformações sociais necessárias e possíveis a partir dos conhecimentos disponíveis. Para tanto, são necessárias ações didático-pedagógicas que envolvam não apenas o conhecimento científico. Nossa opção por abordar os domínios do conhecimento científico para discutir a AC pode parecer contraditória, uma vez que tais domínios tratam de elementos internos ao fazer científico e que a concepção III de AC prevê a mobilização de outros conhecimentos. Tampouco queremos deixar

subentendida uma percepção cientificista de AC, já superada pelos referenciais que defendem a ciência como prática social.

A discussão sobre os domínios do conhecimento científico é importante para a reconsideração do Ensino de Ciências. Uma primeira reconsideração seriam as temáticas necessárias para mobilizar as conexões entre os domínios do conhecimento científico. Ações didático-pedagógicas que façam referência aos ciclos biogeoquímicos, por exemplo, podem ser tratadas em temáticas específicas, focadas nos conceitos, o que não nos permitiria mobilizar os domínios de forma conectada. De maneira alternativa, poderiam ser tratadas na temática dos desastres ambientais, situadas no panorama mais amplo das mudanças climáticas, o que nos permitiria relacionar todos os domínios.

Ainda assim, é importante frisar que os domínios representam parâmetros para além daqueles de ordem conceitual, inserindo a atividade científica, representada por aspectos epistêmicos, sociais e materiais, como elemento para a discussão sobre os conhecimentos científicos. Se a concepção III de AC tem preocupação com modos pelos quais pessoas interagem e se posicionam frente a temas, problemas e situações envolvendo as ciências, pode-se entender que os modos de agir se tornam o foco da atenção de ações pedagógicas que mobilizam os domínios do conhecimento científico. Os modos de agir são impactados pelos modos de pensar e, ao estabelecermos oportunidades para que estudantes interajam com diferentes domínios do conhecimento científico, modos de pensar em ciências podem estar também em mobilização.

Há ainda uma dimensão não abordada neste texto, referente às estratégias metodológicas para colocar os domínios do conhecimento científico em efetiva mobilização nas salas de aula. Defendemos que isso pode ocorrer a partir da adoção do ensino por investigação como abordagem didática (Sasseron, 2015; Scarpa; Silva, 2013), o que representa oportunizar situações em que, mobilizando domínios do conhecimento científico, estudantes entrem em contato com atividades em que se faz necessário investigar, argumentar e construir modelos explicativos para fenômenos do mundo natural ou situações sociais envolvendo ciências. Embora a mera adoção do ensino por investigação não permite responder se estudantes estariam alfabetizados cientificamente (algo que nem é do escopo deste texto), é possível conjecturar que, em aulas pautadas em seus pressupostos, estudantes atuam em conjunto para análise de problemas em uma perspectiva que considere as ciências como uma forma de análise de situações.

Agradecimentos

A primeira autora agradece ao CNPq pelo auxílio financeiro proveniente da bolsa de Produtividade em Pesquisa, processo 306683/2022-9. Ambas autoras agradecem à Fapesp pelo auxílio do Projeto Regular, processo 2023/11360-0.

Referências Bibliográficas

BINGLE, Wade H.; GASKELL, P. James. Scientific literacy for decision making and the social construction of scientific knowledge. **Science Education**, v. 78, n. 2, p. 185-201, 1994.

BICAK, Laddie J.; BICAK, Charles J. Scientific Method: Historical and Contemporary Perspectives. **The American Biology Teache**r, v. 50, n. 6, p. 348-353, 1988.

BYBEE, Rodger W.; DEBOER, George E. Research on Goals for the Science Curriculum. In: Gabel, D. L. (Ed.) **Handbook of Research in Science Teaching and Learning**, New York: McMillan. 1994.

CARSON, Rachel. **Primavera silenciosa**, São Paulo: Gaia, 2010.

CUNHA, Rodrigo B. Alfabetização científica ou letramento científico?: interesses envolvidos nas interpretações da noção de scientific literacy. **Revista Brasileira de Educação**, v. 22, n. 68, 2017.

CUNHA, Rodrigo B. O que significa alfabetização ou letramento para os pesquisadores da educação científica e qual o impacto desses conceitos no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, v. 24, n. 1, p. 27-41, 2018.

DEWEY, John. **Experiência e educação**. 2.ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional. 1976.

DUSCHL, Richard A. Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. **Review of Research in Education**, v. 32, n. 1, p. 268-291, 2008.

FEINSTEIN, Noah W. Salvaging science literacy. **Science Education**, v. 95, p. 168-185, 2011.

FEINSTEIN, Noah W.; WADDINGTON, David I. Individual truth judgments or purposeful, collective sensemaking? Rethinking science education's response to the post-truth era. **Educational Psychologist**, v. 55, n. 3, p. 155-166, 2020.

FOUREZ, Gérard. **Alfabétisation scientifique et tecnique.** Essai sur les finalités de l'enseignement des sciences. Belgique: De Boeck Université. 1994.

FRANCO, Luiz G.; MUNFORD, Danusa. O Ensino de Ciências por Investigação em Construção: Possibilidades de Articulações entre os Domínios Conceitual, Epistêmico e Social do Conhecimento Científico em Sala de Aula. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 20, n. u, p. 687-719, 2020.

FERREIRA, Eduardo C.; MORAES, Jerusa V. Alfabetização científica nas ciências humanas: o início de um diálogo. **Cadernos de Pesquisa**, v. 52, p. 1-17, 2023.

GURIDI, Verônica; CAZETTA, Valéria. Alfabetização científica e cartográfica no ensino de ciências e geografia: polissemia do termo, processos de enculturação e suas implicações para o ensino. **Revista Estudos Culturais**, v. 1, n. 1, p. 1-16, 2014.

HARDING, Sandra. Objetividade mais forte para ciências exercidas a partir de baixo. **Em Construção**, v. 5, p. 143-162, 2019.

HODSON, Derek. Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different goals demand different learning methods. **International Journal of Science Education**, v. 36, n. 15, p. 2534-2553, 2014.

HURD, Paul D. Science literacy: Its meaning for American schools. **Educational Leadership**, v. 16, n. 1, p. 13-16, 1958.

HURD, Paul D. Scientific literacy: New minds for a changing world. **Science Education**, v. 82, p. 407-416, 1998.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, María P. La catástrofe del Prestige: racionalidad crítica versus racionalidad instrumental. **Cultura y Educación**, v. 16, n. 3, p. 305-319, 2004.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, María P.; CRUJEIRAS, Beatriz. Epistemic Practices and Scientific Practices in Science Education. *In*: TABER, K., AKPAN, B. (Eds) **Science Education:** An International Course Companion, p. 69-80. Rotterdam: Sense Publishers, 2017.

KAUANO, Rafael V.; MARANDINO, Martha. 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, p. 1-28, 2022.

KELLY, Gregory J. Scientific Literacy, Discourse, and Epistemic Practices. In: LINDER, C.; ÖSTMAN, L.; ROBERTS, D.A.; WICKMAN, P.; ERICKSON, G.; MACKINNON, A. (Eds.) **Exploring the landscape of scientific literacy**, p. 61-73. New York, United States of America: Routledge. 2011.

KELLY, Gregory J. Inquiry teaching and learning: philosophical considerations. *In*: MATTHEWS, M. R. (Ed.) **International Handbook of Research in History,** Philosophy and Science Teaching, p. 1363-1380. Dordrecht, The Netherlands: Springer. 2014.

KELLY, Gregory J. Methodological considerations for the study of epistemic cognition in practice. *In*: GREENE, J.A.; SANDOVAL, W. A.; BRATEN, I. (Eds.) **Handbook of epistemic cognition.**. New York, United States of America: Routledge. 2016. p. 393-408.

KELLY, Gregory J.; LICONA, P. Epistemic Practices and Science Education. *In*: MATTHEWS M. (Ed.) **History, Philosophy and Science Teaching**, 139-165. Switzerland: Springer Cham. 2018.

KELLY, Gregory J. Inquiry, activity, and epistemic practice. *In*: DUSCHL, R., GRANDY, R. (Eds.) **Teaching scientific inquiry:** Recommendations for research and implementation, 171-246. Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers-Rotterdam. 2008.

KNORR-CETINA, Karin. **Epistemic cultures:** How the sciences make knowledge. Cambridge, MA: Harvard University Press. 1999.

KRASILCHIK, Myriam; MARANDINO, Martha. **Ensino de ciências e cidadania**. São Paulo: Moderna. 2007.

KUHN, Thomas S. **A estrutura das revoluções científicas**, São Paulo: Perspectiva. 2010.

LAUGKSCH, Rüdiger C. Scientific literacy: A conceptual overview. **Science Education**, v. 84, p. 71-94, 2000.

LEMKE, Jay L. Investigar para el futuro de la educación científica : nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir. **Enseñanza de las Ciencias:** revista de investigación y experiencias didácticas, v. 24, n. 1, p. 5-12, 2006.

LONGINO, Helen E. **Science as social knowledge:** values and objectivity in scientific inquiry. Princeton: Princeton University Press. 1990.

LONGINO, Helen E. **The fate of knowledge**. Princeton, NJ: Princeton University Press. 2002.

MENDONÇA, Paula C.; JUSTI, Rosária S. Ensino-aprendizagem de ciências e argumentação: discussões e questões atuais. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n.1, p. 187-216, 2013.

MILARÉ, Tathiane; RICHETTI, Graziela P.; LORENZETTI, Leonir; ALVES-FILHO, José P. **Alfabetização científica e tecnológica na Educação em Ciências:** Fundamentos e Práticas. São Paulo: Livraria da Física. 2021.

MILENA, Luciana M.; MUNFORD, Danusa; CORREIA-FERNANDES, Priscila. O construto de práticas epistêmicas em pesquisa brasileiras em Educação em Ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 28, n. 1, p. 227-259, 2023.

MORAES, Jerusa V. Alfabetización científica y las metodologías activas de aprendizaje en la enseñanza de geografía: buscando posibles caminos en la educación básica. **Anekumene**, v. 11, p. 68-76, 2016.

PICKERING, Andrew. **The mangle of practice:** Time, agency and science. Chicago: University of Chicago Press. 1995.

RHEINBERGER, Hans-Jörg. **Toward a history of epistemic things:** synthesizing proteins in the test tube. Stanford University Press. 1997.

RUDOLPH, John L. Scientific literacy: Its real origin story and functional role in American education. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 61, n. 3, p. 519-532, 2024.

SASSERON, Lúcia H. Alfabetização Científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. espec., p. 49-67, 2015.

SASSERON, Lúcia H. Ensino de Ciências por Investigação e o Desenvolvimento de Práticas: Uma Mirada para a Base Nacional Comum Curricular. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 1061-1085, 2018.

SASSERON, Lúcia H. Práticas constituintes de investigação planejada por estudantes em aulas de Ciências: análise de uma situação. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 23, n. e24545, p. 1-25, 2021.

SASSERON, Lúcia H.; Carvalho, Anna M. P. Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.

SCARPA, Daniela L.; SILVA, Maíra B. A biologia e o ensino de ciências por investigação: dificuldades e possibilidades. In: CARVALHO, Anna M. P. (Org.) **Ensino de Ciências por investigação:** condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, p. 129-152. 2013.

SILVA, Adjane C. T. Interações discursivas e práticas epistêmicas em salas de aula de ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. esp., p. 69-96, 2015.

SILVA, Maíra B.; SASSERON, Lúcia H. Alfabetização científica e domínios do conhecimento científico: proposições para uma perspectiva formativa comprometida com a transformação social. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 23, p. e34674, 2021.

SILVA, Maíra B.; TRIVELATO, Silvia L. F. A mobilização do conhecimento teórico e empírico na produção de explicações e argumentos numa atividade investigativa de biologia. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 22, n. 2, p. 139-153, 2017.

STROUPE, David. Examining classroom science practice communities: How teachers and students negotiate epistemic agency and learn science-as-practice. **Science Education**, v. 98, n. 3, p. 487-516, 2014.

VALLADARES, Liliana. Scientific Literacy and Social Transformation. **Science & Education**, v. 30, p. 557-587, 2021.

WINDSCHITL, Mark; THOMPSON, Jessica; BRAATEN, Melissa. Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. **Science Education**, v. 92, p. 941-967, 2008.

WIVAGG, Dan; ALLCHIN, Douglas. The Dogma of "The" Scientific Method [Guest Editorial]. **The American Biology Teacher**, v. 64, n. 9, p. 645-646, 2002.

Recebido em 15 de dezembro de 2024.

Aceito para publicação em 9 de maio de 2025.