

ARTIGO



As relações entre as dimensões da Alfabetização Científica e Tecnológica e a mobilização conjunta dos domínios do conhecimento científico

Danilo Lopes Santos¹

<https://orcid.org/0000-0003-2244-2267>

Fernando César Silva¹

<https://orcid.org/0000-0002-8593-3090>

RESUMO:

Os domínios do conhecimento científico (DCC) quando mobilizados conjuntamente em sala de aula permitem a compreensão da ciência como uma prática social, considerando-a não apenas como conhecimento acumulado, mas envolvendo seus modos de produção. Neste artigo teórico, expomos as relações entre as dimensões da Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) e a mobilização dos DCC. A partir dessas relações demonstramos as possibilidades de se desenvolver as dimensões prática, cultural, cívica e para transformação social da ACT a partir da mobilização dos DCC. Apresentamos também as implicações para o ensino e para a pesquisa.

Palavras-chave:

Ensino de ciências como prática social; Natureza social da ciência e tecnologia; Processos de ensino e aprendizagem; Métodos e técnicas de ensino.

Las relaciones entre las dimensiones de la Alfabetización Científica y Tecnológica y la movilización conjunta de los dominios del conocimiento científico

RESUMEN:

Los Dominios del Conocimiento Científico (DCC), cuando se movilizan conjuntamente en el aula, permiten la comprensión de la ciencia como una práctica social, considerándola no solo como un conjunto de conocimientos, sino también involucrando sus modos de producción. En este artículo teórico, exponemos las relaciones entre las dimensiones de la Alfabetización Científica y Tecnológica (ACT) y la movilización de los DCC. A partir de estas relaciones, demostramos las posibilidades de desarrollar las dimensiones práctica, cultural, cívica y de transformación social de la ACT mediante la movilización de los DCC. Presentamos también las implicaciones para la enseñanza y la investigación

Palabras-clave:

Enseñanza de las ciencias como práctica social; Naturaleza social de la ciencia y la tecnología; Procesos de enseñanza y aprendizaje; Métodos y técnicas de enseñanza

The Relationships Between the Dimensions of Scientific and Technological Literacy and the Joint Mobilization of the Domains of Scientific Knowledge

ABSTRACT:

The Domains of Scientific knowledge (DSK), when mobilized together in the classroom, allow for the understanding of science as a social practice, considering it not just as accumulated knowledge, but also involving its modes of production. In this theoretical article, we demonstrate the relationships between the dimensions of Scientific and Technological Literacy (STL) and the mobilization of the DSK. Based on these relationships, we show the possibilities for developing the practical, cultural, civic, and social transformation dimensions of STL through the mobilization of the DSK. We also present the implications for both teaching and research.

Key words:

Science teaching as social practice; Social nature of science and technology; Teaching and learning processes; Teaching methods and techniques

¹ Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação, Belo Horizonte, MG, Brasil.

INTRODUÇÃO

A Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) (Auler, 2003; Auler & Delizoicov, 2001; Fourez, 1997, 2003, 2005; Lorenzetti, 2021; Milaré et al., 2021; Richetti & Milaré, 2021; Rosa & Amaral, 2021) vislumbra a formação crítica de cidadãos por meio de ações conscientes acerca dos conhecimentos científicos e tecnológicos. Contudo, algumas perspectivas têm priorizado a mercantilização do conhecimento científico (G. Fernandes, 2025; Pugliese, 2022). Em contrapartida, diversos autores (Archanjo Junior & Gehlen, 2021; G. Fernandes, 2025; G. Fernandes, Barbosa, et al., 2024; G. Fernandes, Fernandes, et al., 2024; I. H. Fernandes et al., 2025; Lemes et al., 2023) têm proposto abordagens que promovam a autonomia dos estudantes, bem como a transformação social de suas comunidades locais. Nesse contexto, surge a proposta da ACT, compreendendo que as discussões dos estudantes não refletem apenas a Alfabetização Científica ou Alfabetização Tecnológica, mas sim a ACT (G. Fernandes, Fernandes, et al., 2024). Segundo os autores, a dimensão da ACT como transformação social possui o potencial de engajar os estudantes em questões sociais, políticas e éticas relacionadas à ciência e tecnologia. Seu desenvolvimento depende da intencionalidade docente e está diretamente ligado à capacidade dos estudantes, enquanto atores sociais, de compreender e participar ativamente de atividades sociais, políticas e econômicas. Neste trabalho não temos a intenção de explorar em profundidade os conceitos de Alfabetização Científica ou Alfabetização Tecnológica de forma isolada, nem de debater suas definições e abordagens específicas. Ao invés disso, busca enfatizar e dar visibilidade às discussões relacionadas à Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) como um conceito integrado, considerando as inter-relações e complementaridades entre ciência e tecnologia no contexto contemporâneo, com foco na formação crítica e emancipatória dos sujeitos.

Partindo do entendimento de que a prática científica é uma construção social (Longino, 1990, 2002), dentro de comunidades com normas e valores, torna-se fundamental oportunizar aos estudantes situações em que possam se apropriar de elementos dessa prática. Com vistas a expor o caráter social da prática científica, surge na literatura, trabalhos que situam o ensino de ciências como prática social (Sasseron, 2024; M. B. e Silva & Sasseron, 2021; F. C. Silva et al., 2022). Nessa perspectiva, os estudantes podem compreender a ciência tal como ela é, um empreendimento humano socialmente construído, que envolve normas, práticas e valores (Longino, 1990; M. B. e Silva & Sasseron, 2021).

Na literatura (Sasseron, 2024; M. B. e Silva & Sasseron, 2021; F. C. Silva et al., 2022) tem sido demonstrado que o ensino de ciências como prática social pode ser desenvolvido em sala de aula por meio da mobilização dos domínios conceitual, epistêmico, social e material do conhecimento científico (R. Duschl, 2008; Stroupe, 2014). Duschl (2008) revela que as bases teóricas dos domínios do conhecimento científico (DCC) se fundamentam na literatura das Ciências da Aprendizagem, dos Estudos Científicos² e da Educação Científica.

O domínio conceitual refere-se às estruturas conceituais e processos cognitivos utilizados no raciocínio científico, caracterizado pelo uso de teorias, princípios, leis e ideias (R. Duschl, 2008; Stroupe, 2014). O domínio epistêmico aborda os arcabouços empregados para desenvolver e avaliar o conhecimento científico, definidos como a base filosófica que justifica o que se sabe e por que se acredita nesse conhecimento (R. Duschl, 2008; Stroupe, 2014). O domínio social engloba os processos e contextos que moldam como o conhecimento é comunicado, representado, argumentado e debatido, evidenciando o estabelecimento de normas, práticas e rotinas tanto para a proposição quanto para a avaliação de ideias (R. Duschl, 2008; Stroupe, 2014). Por sua vez, o domínio material abrange a criação, adaptação e uso de ferramentas, tecnologias e recursos que sustentam o trabalho intelectual da prática (Pickering, 1995; Stroupe, 2014).

Em um contexto em que se busca discutir e promover as dimensões da ACT com vista a alcançar a transformação social dos estudantes e tendo em vista o cenário e as propostas contemporâneas da Educação Científica, neste estudo buscamos responder à seguinte questão: *Considerando que no ensino de ciências como*

² Estudos Científicos é a tradução de *Science Studies*, uma área interdisciplinar de estudos da filosofia e história das ciências, antropologia e sociologia.

prática social há necessidade de que os domínios conceitual, epistêmico, social e material do conhecimento científico sejam mobilizados conjuntamente, quais são as relações entre as dimensões da ACT e os DCC?

Para tanto, neste trabalho temos como objetivo expor teoricamente as relações entre as dimensões da ACT e a mobilização conjunta dos DCC. Nesse sentido, nas próximas seções, buscamos explorar a noção de ensino de ciências como prática social (Sasseron, 2024; M. B. e Silva & Sasseron, 2021; F. C. Silva et al., 2022), avançar teoricamente sobre a compreensão da ACT como transformação social (G. Fernandes, Fernandes, et al., 2024; I. H. Fernandes et al., 2025), investigar as relações entre a mobilização dos domínios do conhecimento científico (R. Duschl, 2008; Stroupe, 2014) e as dimensões da ACT (G. Fernandes, Fernandes, et al., 2024; I. H. Fernandes et al., 2025).

ENSINO DE CIÊNCIAS COMO PRÁTICA SOCIAL

Sustentado na filosofia da ciência que compreende a atividade científica como uma prática social e destaca seu caráter social como condição indispensável para formar sujeitos capazes de avaliar criticamente a realidade e transformá-la, o ensino de ciências como prática social implica a criação de situações didáticas. Nessas situações, os estudantes se envolveriam com conteúdo, materiais (concretos e abstratos), práticas e processos de construção de entendimentos em sala de aula (M. B. e Silva & Sasseron, 2021; F. C. Silva et al., 2022; F. C. Silva & Sasseron, 2025). Dessa forma, os estudantes compreendem que a ciência não é um empreendimento restrito a poucos indivíduos, mas uma atividade social fundamentada em interações críticas desenvolvidas na e pela comunidade científica (M. B. e Silva & Sasseron, 2021).

No ensino de ciências, o objetivo que concebe a compreensão da ciência como uma prática social não está vinculado à formação de cientistas aptos a exercer as dimensões práticas de investigação, argumentação e modelagem (Sasseron, 2024). Segundo a autora, seu objetivo principal é preparar sujeitos capazes de compreender e interagir criticamente com uma sociedade na qual os conhecimentos e artefatos científicos moldam atividades e relações cotidianas. Portanto, o ensino de ciências como prática social não corresponde ao ensino para formação de futuros cientistas. Pelo contrário, propõe-se a abordar os temas e processos das ciências para construção de entendimentos em sala de aula, compreendendo a ciência como uma prática social.

No ensino de ciências como prática social o aprendizado extrapola a compreensão dos conhecimentos em si, abrangendo também os modos que os geraram, considerando os contextos de ensino e aprendizagem. Isso permite compreender o que sabemos sobre eles, mas também as razões que fundamentam nossa confiança nesses conhecimentos (Sasseron, 2024; F. C. Silva et al., 2022; Stroupe, 2014). Essa perspectiva pode oferecer uma contribuição para o combate à tendência de que discursos negacionistas e conspiratórios sejam aceitos como válidos pela população (Sasseron, 2024).

O ensino de ciências como prática social sustentado pela mobilização dos DCC

A natureza social da ciência (Longino, 1990, 2002) tem exercido influência na literatura da área de Educação Científica, contribuindo para o desenvolvimento de propostas pedagógicas por meio dos domínios do conhecimento científico (R. Duschl, 2008; Stroupe, 2014) e, mais recentemente, o ensino de ciências como prática social (Sasseron, 2021, 2024; M. B. e Silva & Sasseron, 2021; F. C. Silva et al., 2022; F. C. Silva & Sasseron, 2025). A consideração da natureza social da ciência nas propostas pedagógicas, reforçam a necessidade de compreender que a ciência não ocorre isoladamente, mas sim dentro de culturas, sociedades e épocas específicas.

Nesse sentido, o entendimento de que o ensino e a aprendizagem das ciências, compreendendo-a como uma prática social, concretizam-se por meio da mobilização dos domínios do conhecimento científico (Sasseron, 2024; M. B. e Silva & Sasseron, 2021; F. C. Silva et al., 2022; F. C. Silva & Sasseron, 2025). A mobilização dos DCC pode ocorrer por meio de práticas características das ciências, como a argumentação, a investigação e a modelagem (Sasseron, 2024), que promovem o engajamento intelectual dos estudantes configurando-os como agentes epistêmicos (Stroupe, 2014). No contexto dessas ações didáticas, ampliam-se os conhecimentos dos estudantes e fortalecem suas interações com os aspectos sociais e culturais de sua realidade,

o que sugere que o ensino de ciências como prática social pode expor a ciência como uma atividade crítica, capaz de construir conhecimento sobre o mundo natural, solucionar problemas e fomentar inovações conceituais e metodológicas para a sociedade (Sasseron, 2024).

A forma como as pessoas se relacionam com a ciência é moldada pelo contexto social e cultural em que estão inseridas (Feinstein & Waddington, 2020). Elas interpretam e respondem à ciência de acordo com as atitudes, valores e tendências dos grupos aos quais pertencem. O acesso à ciência ocorre por meio de redes sociais, nas quais recorrem a pessoas conhecidas para auxiliá-las na compreensão e na prática científica, agindo dentro dos limites e possibilidades definidos por suas comunidades. Ao abordar temas articulados à ciência e à tecnologia em sala de aula, sob a perspectiva do ensino de ciências como prática social, é fundamental que o professor reconheça que os estudantes são membros de grupos sociais diversos, com vivências e realidades socioculturais distintas, carregando consigo marcas e características próprias de seus modos de pensar, agir e se relacionar (Sasseron, 2024). Dessa forma, quando esses alunos participam de atividades científicas, práticas, normas e valores oriundos de sua vida cotidiana e comunitária são inevitavelmente trazidos para o ambiente escolar, o que exige o reconhecimento e a valorização dessa diversidade. Além disso, há a possibilidade de que apresentem crenças e valores em desacordo com os da atividade científica, portanto, é essencial que se promova um espaço de diálogo aberto e sem preconceitos, onde ideias e percepções possam ser compartilhadas e discutidas (Sasseron, 2024). Para a autora, essa abordagem permite que as práticas de avaliação dos fenômenos do mundo natural sejam não apenas ensinadas, mas vivenciadas de acordo com a realidade dos estudantes.

A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

Caracterização da ACT

O lançamento do satélite russo Sputnik, em 1957, marcou, nos Estados Unidos, o início de uma nova era no ensino de ciências, sendo amplamente reconhecido como o evento que gerou intensas críticas ao ensino secundário da época (Lorenz, 2008). Na década de 1960, nos Estados Unidos, movimentos liderados por cientistas buscaram determinar quais aspectos da alfabetização científica e alfabetização tecnológica seriam necessários para o público em geral, partindo da suposição de que ambos compartilhavam, em princípio, a mesma postura em relação à ciência e à tecnologia (Ogawa, 1998). Entretanto, segundo o autor, o público era tratado como alvo passivo desses movimentos, sem ser considerado uma parte interessada no processo de reforma da Educação Científica. De acordo com o autor, e em consonância com Duschl (1985), esse modelo de reforma conduzido pela comunidade científica mostrou-se ineficaz. Adicionalmente, as habilidades de leitura, escrita e cálculo estavam tão intrinsecamente ligadas ao conceito de “alfabetização” que a proposta de as expandir para incluir ciência e tecnologia, tradicionalmente consideradas “adornos” no currículo de escolas ao redor do mundo, exigiria grandes esforços no campo da educação pública (Bowyer, 1990).

No Brasil, as discussões sobre o ensino de ciências e, consequentemente, sobre a ACT tiveram desdobramentos significativos (Lorenzetti & Delizoicov, 2001; Milaré & Richetti, 2021). A promulgação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) de 1961 trouxe mudanças na política educacional brasileira, ao eliminar programas federais obrigatórios que dificultavam reformas curriculares, criando assim um ambiente favorável para iniciativas como as do Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBEEC), introduzidas no início da década de 1960 (Lorenz, 2008; Milaré & Richetti, 2021). Esse período foi marcante para o ensino de ciências no Brasil, pois ampliou o seu espaço no currículo escolar com maior enfoque na formação cidadã (Milaré & Richetti, 2021). No entanto, segundo as autoras, o Golpe Militar de 1964 interrompeu a concepção de ensino de ciências voltada para a formação cidadã, redirecionando-o para um enfoque profissionalizante durante o Regime Militar.

O movimento social conhecido como ACT emergiu em resposta ao fortalecimento das inter-relações entre ciência, tecnologia e sociedade (Fourez, 1997). Para o autor, no final do século passado, percebeu-se que a integração à sociedade industrializada exigia habilidades de leitura e escrita, e, atualmente, discute-se a necessidade de familiaridade com ciência e tecnologia para que os indivíduos participem plenamente do mundo contemporâneo sem serem sobrecarregados pela tecnociência. A partir da segunda metade do século XX, com a intensificação da interdependência entre ciência e tecnologia e seus impactos sociais, políticos e éticos, a ACT consolidou-se como um conceito integrado e crítico, especialmente na década de 1990 (G. Fernandes, 2025).

Nesse cenário, para o autor, a ACT adquiriu relevância ao promover a formação de cidadãos capazes de compreender e interagir criticamente em um mundo moldado pela ciência e tecnologia, abrangendo tanto uma dimensão global, voltada ao público geral, quanto uma dimensão escolar, direcionada à educação formal, com foco em reformas curriculares, formação docente e materiais didáticos.

No Brasil, a ACT desponta como um campo de investigação e prática que atravessa diferentes contextos (Aires & Lambach, 2010; Mello & Guazzelli, 2011; Milaré & Alves Filho, 2010; Richetti & Filho, 2009), desde temáticas sociais e culturais até a formação docente e a saúde coletiva. Tal diversidade de abordagens evidencia a potencialidade da ACT para promover reflexões, processos formativos e ações que contribuam para a transformação social no âmbito educacional.

Definição da ACT

Na década de 1960, cientistas consideravam que a alfabetização estava relacionada à capacidade de compreender ciência e tecnologia como os próprios cientistas, pensar como eles, simpatizar com a ciência e a tecnologia, apreciar essas áreas e apoiar suas atividades (Ogawa, 1998). Estudos brasileiros discutem as variações semânticas entre as expressões relacionadas à “*literacy*” e “alfabetização”, destacando que as suas divergências e aproximações não têm origem nem pertencem ao campo da educação em ciências (Milaré & Richetti, 2021; M. B. e Silva & Sasseron, 2021). Neste trabalho, busca-se esclarecer o uso do termo “alfabetização” na expressão ACT, adotado como referência teórica proposta para este texto. A compreensão do termo é fundamentada na concepção de alfabetização de Freire (2019), cuja visão educacional é considerada relevante para o ensino de ciências ao promover a formação de sujeitos capazes de compreender conhecimentos, práticas e valores da área para analisar situações e tomar decisões em diferentes contextos de suas vidas, ampliando, assim, sua leitura de mundo (G. Fernandes, Fernandes, et al., 2024; Milaré & Richetti, 2021; M. B. e Silva & Sasseron, 2021).

Para Fourez (1997), a preocupação ou envolvimento com a ACT pode ser analisado a partir de três perspectivas principais, que emergem de interesses simultaneamente convergentes e conflitantes, exigindo, portanto, negociações “políticas” ao se estabelecer currículos ou ao tomar decisões sobre políticas de Educação Científica: Primeiro, a ACT busca alcançar objetivos humanísticos ao possibilitar que cada indivíduo explore e aproveite plenamente seu potencial; Segundo, a ACT também é promovida por razões econômicas, pois está relacionada tanto à adaptação do indivíduo às pressões econômicas e sociais, como à ampliação das chances de emprego em uma economia competitiva e ao crescimento econômico nacional. E em terceiro, a ACT é vista como um meio de promover a democracia, ao fornecer conhecimento suficiente sobre ciência e tecnologia que estimule o debate público e impeça que decisões sejam delegadas exclusivamente a tecnocratas. Nesse sentido, o autor identifica três objetivos centrais da ACT: a autonomia individual, relacionada à perspectiva humanística; a comunicação com os outros, associada aos pontos de vista democrático e humanístico; e a gestão de situações, conectada ao objetivo socioeconômico.

Adicionalmente a essas três perspectivas compreendemos a ACT, inicialmente, sob dois enfoques complementares: um global, que contempla questões de ciência e tecnologia em uma abordagem educacional ampla, e outra escolar, voltada à educação formal e à formação de alunos da educação básica e/ou do ensino superior. Na perspectiva global, a ACT pode ser desenvolvida em museus, planetários, centros de ciências, ONGs, empresas que investem em formação interna e pesquisa, órgãos públicos responsáveis pela formulação de políticas baseadas em evidências. Além disso, desenvolvida também em mídias tradicionais e digitais, ampliando o acesso ao conhecimento, estimulando a reflexão crítica e fortalecendo a participação em debates e decisões sociais fundamentadas em evidências científicas e tecnológicas.

A literatura em Educação Científica (G. Fernandes, Fernandes, et al., 2024; Milaré & Richetti, 2021) compreende que a concepção de ACT de Fourez (1997, 2005) está alinhada com concepção de alfabetização de Freire (1987, 2003, 2019), e, para esse texto, a ACT, em uma perspectiva global, pode ser compreendida como um movimento que deve capacitar o sujeito social, técnica e culturalmente, promovendo comunicação, autonomia e domínio dos entendimentos, envolvendo os conhecimentos científicos e tecnológicos, para compreender sua realidade e atuar de forma significativa na resolução de problemas individuais, locais e globais.

ACT para a transformação social

A construção da Concepção III da Alfabetização Científica

As contribuições de Roberts (2011) para as concepções I (interna) e II (externa) da Alfabetização Científica têm sido amplamente debatidas e investigadas na literatura (Moura, 2021; Norambuena-Meléndez et al., 2023, 2023; Ribeiro, 2024; M. B. e Silva & Sasseron, 2021; Sjöström, 2018, 2024; Valladares, 2021). Diante disso, neste artigo as discussões são direcionadas para a concepção III da Alfabetização Científica (Sjöström, 2018, 2024; Valladares, 2021), explorando suas relações com a ACT, que definiremos no final dessa seção, como um caminho possível para promover a transformação social.

Sjöström e Eilks (2018) referem-se à concepção III da AC como alfabetização científica crítica, argumentando que ela deve implicar uma Educação Científica politizada para a emancipação e a socioecojustiça. Segundo os autores, “a concepção III da AC implica a ciência para a transformação onde a ênfase no ensino de ciências é a ética e a transformação” (Sjöström & Eilks, 2018, p. 78, tradução nossa). Eles ainda destacam as tensões, que podem ser vistas como uma evolução, entre as concepções II e III, embora reconheçam o risco de categorização excessiva. Essas tensões são exemplificadas por pares conceituais, como modernismo (concepção II) e pós-modernismo (concepção III); neoliberalismo (concepção II) e consciência ideológica (concepção III); desenvolvimento sustentável (concepção II) e sustentabilidade crítica (concepção III); e cognição/metacognição (concepção II) e aprendizagem epistêmica e transformadora (concepção III). A concepção III enfatiza o desenvolvimento da cidadania crítica para a transformação e demanda uma reconsideração dos conteúdos e contextos da Educação Científica. Nesse sentido, questões sociocientíficas controversas, relevantes e autênticas, como as relacionadas ao debate sobre sustentabilidade, devem ser os principais objetivos do currículo. Os autores também apontam para a necessidade de intensificar pesquisas, o desenvolvimento curricular e a formação continuada de professores alinhados a essa perspectiva.

Valladares (2021) realiza uma análise teórica sistemática das principais concepções do conceito de alfabetização científica desenvolvidas nas últimas duas décadas, abrangendo desde a perspectiva transmissiva da alfabetização científica (concepção I) até uma visão transformadora (concepção III), caracterizada por um engajamento mais forte com a participação social e emancipação. A autora utiliza ferramentas conceituais da sociologia e da filosofia da educação para examinar criticamente as noções de participação e emancipação científica associadas à concepção III, destacando a necessidade crescente de defini-las com maior precisão como componentes conceituais da AC. A autora defende que a concepção III deve englobar tanto uma concepção ampla de participação, que torna visíveis os atos invisíveis e informais realizados por diversos grupos para construir a sociedade, quanto uma noção alternativa de emancipação comprometida com a libertação. O ativismo social na concepção III é apresentado como uma resposta às questões perturbadoras enfrentadas pela humanidade, como a crise climática, as migrações em massa, a disseminação de desinformação, fake news, e o avanço das tecnologias digitais (Valladares, 2021). Para a autora, a pandemia da COVID-19 destacou as contradições de um desenvolvimento tecnocientífico sem precedentes, que, ao mesmo tempo que redefine profundamente as relações entre natureza, cultura e humanidade, falha em incluir equitativamente todas as pessoas nos benefícios da ciência e tecnologia. Valladares (2021) enfatiza que a participação e a emancipação científica não são homogêneas, pois os estudantes não são uma massa indiferenciada, além das divisões sociais de raça, gênero e idade. Assim, torna-se essencial ampliar o escopo e a compreensão dos componentes da concepção III da alfabetização científica, que deve promover uma “transformação das estruturas, instituições e relações sociais em direção a sociedades nas quais prevaleçam condições maiores de pluralidade, simetria, equidade e igualdade, e principalmente justiça social e educacional” (Valladares, 2021, p. 561, tradução nossa).

Ampliando o debate para além do conceito de AC e incorporando as discussões sobre Educação Científica, Sjöström (2024) argumenta que, desde 2007, as publicações que abordam ideias relacionadas à concepção III resultaram em pelo menos oito propostas distintas e majoritariamente independentes para essa perspectiva. Segundo o autor, as diversas interpretações da concepção III convergem em ênfases comuns, como o engajamento (ambiental), o pluralismo, a percepção da complexidade, a dimensão política e o conhecimento responsável em ação. Com base nessas interpretações, o autor sugere seis novas ênfases curriculares para a concepção III, que incluem: perspectivas CTS (estudos de ciência e tecnologia), perspectivas ético-

sociopolíticas, agência³, valores filosóficos e perspectivas culturais existenciais. O autor propõe ainda uma conceituação integrada para a concepção III da AC, a partir de diferentes perspectivas que a compõe, caracterizando-a como baseada em amplo “conhecimentos científicos, alfabetização fundamental e digital, e uma compreensão do nosso mundo complexo a partir de perspectivas pluralistas (interdisciplinar, crítica, história-filosofia-sociologia, interseccionalidade, visões de mundo indígenas, relacionalismo), sendo engajada e preparada para ação 'glocal'”⁴ (Sjöström, 2024, p. 1, tradução nossa)

Convergências entre ACT e Concepção III da AC

Compreendemos que a ACT (Auler, 2003, p. 2001; Auler & Delizoicov, 2001; Dutra et al., 2017; Fourez, 1997, 2003, 2005; Fumeiro et al., 2019; Lawall, 2021; Lorenzetti, 2021; Milaré & Richetti, 2021; Richetti & Milaré, 2021; Rosa & Amaral, 2021) e a concepção III da AC (Sjöström, 2024; Sjöström & Eilks, 2018; Valladares, 2021) compartilham diversos elementos em comum, inicialmente discutidos por Fourez na década de 1990 e amplamente aprofundados por outros pesquisadores. Esses elementos incluem: (i) ação e participação social; (ii) preocupação com a justiça social e econômica; (iii) emancipação dos indivíduos; (iv) transformação dos sujeitos e de suas realidades; (v) igualdade; (vi) democracia; (vii) interdisciplinaridade; (viii) cidadania; (ix) empoderamento; (x) justiça social; (xi) reconhecimento da ideologia; (xii) justiça educacional; (xiii) engajamento político e; (xiv) sustentabilidade. Esses elementos reforçam a convergência entre a concepção III da AC e a ACT.

A ACT (Auler & Delizoicov, 2001; Fourez, 1997; Fumeiro et al., 2019; Lorenzetti, 2021; Milaré & Richetti, 2021) contempla objetivos humanísticos que capacitam os indivíduos a agir e participar de forma ativa em seu meio social, negociando decisões de maneira autônoma diante de pressões naturais e sociais, desenvolvendo habilidades de comunicação para transmitir mensagens, participando autenticamente de problemáticas relacionadas à ciência e tecnologia, construindo estratégias para solucionar problemas do cotidiano, elaborando e desenvolvendo projetos voltados para a transformação do mundo, e tomando decisões fundamentadas que promovam a compreensão da natureza e do papel da ciência na sociedade.

Autores como Sjöström (2024), Sjöström e Eilks (2018) e Valladares (2021) destacam que a Visão III da Alfabetização Científica busca integrar o conhecimento responsável em ação, fundamentado em amplos conhecimentos científicos, alfabetização fundamental e digital, engajamento social fortalecido, ação "glocal" e uma concepção ampla de participação, promovendo ativismo social e maior envolvimento com a transformação social.

Nesse sentido, pode-se considerar que a ACT também compartilha dos princípios da concepção III da AC, uma vez que seus objetivos incluem a construção de uma sociedade mais democrática, justa, sustentável e igualitária em aspectos sociais, educacionais e econômicos (Fourez, 1997, 2003; Milaré & Richetti, 2021; Rosa & Amaral, 2021). Além de formar mão de obra qualificada e incentivar vocações científicas e tecnológicas para fortalecer o potencial econômico e tecnológico, a ACT busca reduzir desigualdades geradas pela falta de compreensão das tecnociências. Promove, ainda, a organização social e oferece os meios para que os indivíduos participem de debates democráticos que demandam conhecimento e senso crítico. A democratização dos conhecimentos desempenha um papel fundamental na elucidação das desigualdades e mazelas geradas pela sociedade capitalista, formando indivíduos críticos, capazes de tomar decisões informadas e compreender a natureza e o papel da ciência e da tecnologia na sociedade, contribuindo, assim, para uma transformação social em direção a uma sociedade mais justa e equitativa. Em consonância com a ACT, Sjöström (2024), Sjöström e Eilks (2018) e Valladares (2021) entendem que a concepção III da AC propõe uma Educação Científica politizada, orientada para a socioecojustiça e caracterizada, entre outras, pela sustentabilidade e pela

³ Baseado em Biesta e Tedder (2007) e Arnold e Clarke (2014), Sjöström (2024) entende a agência como a capacidade de ação transformadora intencional e/ou, como uma ação proposital orientada a objetivos futuros.

⁴ Segundo o Dicionário Oxford a palavra glocal é um adjetivo “tendo características ou relacionadas a fatores que são locais e globais” (University Press, 2025). A expressão surge da união das palavras "global" e "local", indicando a necessidade de pensar e agir considerando tanto as relações globais quanto as realidades e demandas locais. Ela está presente em diferentes trabalhos de diferentes áreas (Roudometof, 2015; Takkaç Tuglar, 2024), mas com a mesma perspectiva, de integrar discussões globais e locais em análises e ações.

aprendizagem epistêmica, com o objetivo de promover uma sociedade mais equitativa, com maior justiça social e educacional.

Alguns dos elementos norteadores da ACT (Auler, 2003; Dutra et al., 2017; Fabri, 2020; G. Fernandes, 2025; Fourez, 1997, 2003, 2005; Lorenzetti, 2021), coerentes com a concepção III da AC, incluem o empoderamento, a autonomia e a formação para a cidadania lúcida, plena, integral que visam contribuir para a emancipação social e intelectual dos cidadãos além da transformação, por meio da educação, da realidade do mundo contemporâneo. Em consonância, a concepção III da AC busca a emancipação como desidentificação⁵ e comprometida com a libertação, o desenvolvimento da cidadania crítica buscando a transformação e a justiça social (Sjöström & Eilks, 2018; Valladares, 2021).

A ACT (G. Fernandes, 2025; Fourez, 1997; Lawall, 2021; Rosa & Amaral, 2021) converge com políticas educacionais que inserem a ciência em seus contextos sociais, promovendo a discussão das ideologias científicas⁶ no âmbito escolar. Quando associada a práticas interdisciplinares, possibilita que os estudantes articulem conhecimentos éticos, políticos e econômicos, além de desenvolverem uma compreensão crítica e ampla do mundo, mediada pela ciência e pela tecnologia. Por sua vez, a concepção III da AC converge com a consciência ideológica, promovendo uma prática interdisciplinar que enfatiza a compreensão de um mundo complexo e prioriza a ética no ensino de Ciências (Sjöström, 2024; Sjöström & Eilks, 2018; Valladares, 2021).

Dimensão Transformação Social da ACT

É nesse contexto, onde identificamos um intrínseca relação entre a ACT (Auler, 2003; Auler & Delizoicov, 2001; Dutra et al., 2017; Fabri, 2020; Fourez, 1997, 2003, 2005; Fumeiro et al., 2019; Lawall, 2021; Lorenzetti, 2021; Milaré & Richetti, 2021; Richetti & Milaré, 2021; Rosa & Amaral, 2021) e a concepção III (Sjöström, 2024; Sjöström & Eilks, 2018; Valladares, 2021) da AC que ampliamos a perspectiva da dimensão transformação social da ACT escolar (G. Fernandes, Fernandes, et al., 2024) a partir do conceito de atores sociais locais (Archanjo Junior & Gehlen, 2021).

Portanto, a partir do conceito de alfabetização de Paulo Freire (2019), da concepção dos estudantes como atores sociais (Archanjo Junior & Gehlen, 2021) e da articulação com a concepção III da AC (Sjöström, 2024; Sjöström & Eilks, 2018; Valladares, 2021), compreendemos que a dimensão transformação social da ACT promove a emancipação e o empoderamento dos estudantes. Isso possibilita que os estudantes ajam e exerçam, de maneira local e global, sua participação social de forma consciente. Tal participação precisa ser fundamentada na justiça social, educacional e econômica, na democracia, na cidadania, na sustentabilidade, na igualdade, na política, no reconhecimento das ideologias e em perspectivas interdisciplinares, tornando-os aptos a transformar a si mesmos e a realidade em que estão inseridos. Além disso, para desenvolver uma transformação social efetiva, é fundamental considerar, ao longo de todo o processo, as vivências e tradições dos atores locais, garantindo a incorporação dos saberes populares como parte integrante das práticas e tomadas de decisão.

AS DIMENSÕES DA ACT E OS DCC

Considerando que o ensino de ciências como prática social ocorre a partir da mobilização conjunta dos DCC (Sasseron, 2024; M. B. e Silva & Sasseron, 2021; F. C. Silva et al., 2022), buscamos expor teoricamente quais as relações entre as dimensões da ACT (G. Fernandes, Fernandes, et al., 2024) e a mobilização conjunta

⁵ Compreendemos a "emancipação como desidentificação" como um processo de libertação que envolve romper com identidades e papéis impostos socialmente, os quais podem ser limitadores ou opressores. Nesse contexto, a emancipação não é apenas a conquista de direitos ou oportunidades, mas também a capacidade de questionar, desconstruir e se afastar de categorias e expectativas que foram atribuídas pelos sistemas sociais, culturais ou educacionais.

⁶ Fourez (1994) discute como os conteúdos ensinados nas aulas de ciências, frequentemente considerados neutros, carregam ideologias e representações de mundo que moldam a forma como os estudantes compreendem a ciência. Essas ideologias estão presentes nos exemplos, nas narrativas, na estrutura dos livros e na própria prática docente, ainda que de modo implícito. Para o autor, "[...] a ausência de análise leva, ao contrário, a um discurso não escolhido, mas também não neutro." (Fourez, 1994, p. 214), sendo necessário, portanto, que os professores assumam conscientemente as escolhas envolvidas em seu ensino.

dos DCC (R. Duschl, 2008; Stroupe, 2014). Com base nas contribuições de Shen (1975), Boheco (2011) e Lorenzetti (2021), Fernandes et al., (2024) propuseram uma sistematização das dimensões para a ACT no contexto escolar: prática, cultural, cívica e transformação social. Fernandes (2025), por sua vez, estabelece uma relação entre as dimensões da ACT e as concepções I, II e III da AC, demonstrando como essas dimensões se manifestam e se caracterizam no contexto de sala de aula, conforme detalhado no Quadro 1.

Quadro 1 - Caracterização das dimensões da ACT nas concepções I, II e III da AC no contexto de sala de aula.

Concepções da AC	Dimensões para a ACT (escolar)	Caracterização para o contexto de sala de aula
I	Concepção I: ACT Prática	Os estudantes buscam compreender os fenômenos naturais, os processos e o funcionamento de tecnologias cotidianas, utilizando conhecimentos científicos e tecnológicos, a partir de elementos da linguagem científica.
II	Concepção IIA: ACT Cultural	Compreensão dos contextos históricos e sociais em que o conhecimento científico e tecnológico se insere, promovendo a reflexão e discussão filosófica e sociológica sobre a natureza da ciência e da tecnologia.
	Concepção IIB: ACT Cívica	Os estudantes lidam com decisões que envolvem a aplicação e contextualização social dos conhecimentos científicos e tecnológicos. Argumentam acerca dos aspectos sociocientíficos e sociotecnológicos e da contextualização social sobre a atividade tecnológica e científica, frente à economia, à indústria, ao consumo, à tendência estética, à ética, à crença no progresso, entre outros.
III	Concepção III: ACT Transformação Social	Os estudantes discutem, refletem e agem, a partir do diálogo, da problematização e ação transformadora, sobre as mudanças de estruturas sociais. Apresentam a capacidade de compreender e atuar de forma crítica e reflexiva em relação às questões sociais, políticas, econômicas e éticas, relacionadas à ciência e tecnologia presentes em suas vidas e na sociedade para que a sua realidade possa ser transformada.

Fonte: Adaptado de Fernandes (2025, p. 12-13)

Portanto, a partir do Quadro 1, observa-se que as diferentes concepções de AC, desenvolvidas ao longo dos anos pela agenda da área de Educação Científica, encontram um paralelo estruturado na proposta da ACT. Um aspecto particularmente relevante é que as dimensões da ACT explicitam, de forma clara e objetiva, sua finalidade no contexto educacional, ao indicar caminhos concretos para seu desenvolvimento. Essa organização permite compreender como cada dimensão pode ser desenvolvida para favorecer uma formação cidadã dos estudantes. Destaca-se, ainda, a inclusão da dimensão Transformação Social.

A dimensão prática da ACT

A dimensão prática da ACT é caracterizada pelo momento em que “os estudantes buscam compreender os fenômenos naturais, os processos e o funcionamento de tecnologias cotidianas, utilizando conhecimentos científicos e tecnológicos, a partir de elementos da linguagem científica” (G. Fernandes, Fernandes, et al., 2024, p. 6). Nesse sentido, para compreender os fenômenos naturais, os processos e o funcionamento de tecnologias cotidianas, fazendo uso de conhecimento científico e tecnológicos a partir da linguagem científica, os estudantes mobilizam: (i) o **domínio conceitual** para acessarem as estruturas conceituais, os processos cognitivos, as teorias, princípios, leis e ideias utilizadas ao raciocinar cientificamente e, portanto, fazer uso da linguagem científica; (ii) o **domínio epistêmico**, pois para compreender os fenômenos naturais, os processos e o funcionamento das tecnologias fazendo o uso de conhecimentos científicos e tecnológicos e da linguagem

científica os estudantes acessam a estrutura do conhecimento, como dados, evidências, regras e critérios para decidirem o que sabem e porque estão convencidos disso; (iii) o **domínio social**, ao buscarem compreender fenômenos naturais, processos e o funcionamento de tecnologias, os estudantes podem encontrar formas de representação e comunicação que auxiliem na apropriação de conhecimento científicos e tecnológicos e; (iv) o **domínio material**, a partir da criação, adaptação e utilização de ferramentas, tecnologias e outros recursos para apoiar o uso da linguagem científica e o processo de compreensão dos fenômenos naturais, bem como dos processos e do funcionamento das tecnologias.

A dimensão cultural da ACT

Segundo Fernandes et al., (2024, p. 6), a dimensão cultural é definida pela “compreensão dos contextos históricos e sociais em que o conhecimento científico e tecnológico se insere, promovendo a reflexão e discussão filosófica e sociológica sobre a natureza da ciência e da tecnologia”. Para compreender os contextos históricos e sociais em que o conhecimento científico e tecnológico está inserido, fomentado pela reflexão e discussão filosófica e sociológica sobre a natureza da ciência (NdC) e a natureza da tecnologia (NdT), os estudantes podem mobilizar: (i) o **domínio conceitual** uma vez que teorias, princípios, leis e ideias científicas estão inseridas em contextos históricos e sociais. Refletir e discutir sobre esses conceitos da dimensão cultural exige que os estudantes contextualizem o conhecimento científico em seu tempo histórico e social, reconhecendo que as teorias científicas são moldadas pelas condições sociais e pelas necessidades da sociedade; (ii) **domínio epistêmico**, pois para refletir e discutir sobre a filosofia e sociologia da NdC e da NdT, uma vez que esses evoluíram a partir da interação entre ciência, filosofia e sociedade ao longo do tempo, os estudantes utilizam de estruturas do conhecimento, como dados, evidências, princípios, teorias, regras e critérios situando-os no tempo para desenvolver e avaliar o conhecimento científico; (iii) **domínio social**, ao observar os modos de comunicação e debate do conhecimento científico, o estudante constrói uma base para discutir filosoficamente e sociologicamente a forma como o conhecimento científico e tecnológico se legitima e se dissemina ao longo do tempo e; (iv) **domínio material** para os estudantes criarem, adaptarem e utilizarem ferramentas, tecnologias, inscrições⁷ e outros recursos para sustentar e apoiar suas discussões, bem como corroborar as suas reflexões e compreensões acerca do contexto histórico e social em que o conhecimento científico e tecnológico está inserido.

A dimensão cívica da ACT

Na dimensão cívica da ACT, os estudantes refletem sobre questões que envolvem a aplicação e a contextualização social do conhecimento científico e tecnológico. Nesse processo, eles argumentam sobre aspectos sociocientíficos e sociotecnológicos, bem como sobre a influência da ciência e da tecnologia na sociedade, considerando fatores como economia, indústria, consumo, tendências estéticas, ética e crença no progresso, entre outros (G. Fernandes, Fernandes, et al., 2024). Para que os estudantes lidem com as decisões que envolvem a aplicação e a contextualização dos conhecimentos científicos e tecnológicos e argumentem acerca dos aspectos sociocientíficos e sociotecnológicos e suas relações com o meio social, eles podem mobilizar: (i) o **domínio conceitual** para compor e legitimar seus argumentos, através de teorias, princípios, leis e ideias, sobre aspectos sociocientíficos e sociotecnológicos; (ii) o **domínio epistêmico** para agirem com segurança na tomada de decisões que envolvem a aplicação de contextualização social do conhecimento científico, uma vez que esse domínio permite que os estudantes decidam o que sabem e porque estão convencidos disso; (iii) o **domínio social** para decidirem a melhor forma de comunicar seus argumentos para legitimar as suas hipóteses acerca dos aspectos sociocientíficos e sociotecnológicos e; (iv) o **domínio material** para criarem, adaptarem e utilizarem ferramentas, tecnologias e inscrições tanto para apoiar as suas tomadas de decisão quanto para corroborar os seus argumentos.

⁷ As inscrições podem ser compreendidas como registros visuais de informações científicas, como gráficos, tabelas, diagramas, imagens e outros formatos que capturam e tornam visíveis dados, evidências, princípios, teorias, leis, ideias e conceitos.

A dimensão transformação social da ACT

A dimensão transformação social da ACT, é uma dimensão de ação, portanto de engajamento, pois os estudantes participam ativamente de discussões, reflexões e ações transformadoras, baseadas no diálogo e na problematização, para analisar as mudanças nas estruturas sociais (G. Fernandes, Fernandes, et al., 2024). Segundo os autores, os estudantes demonstram a capacidade de compreender e atuar de maneira crítica e reflexiva sobre questões sociais, políticas, econômicas e éticas relacionadas à ciência e à tecnologia, promovendo transformações em sua realidade e na sociedade. Para compreender e atuar de forma crítica e reflexiva acerca de questões sociais, políticas, econômicas e éticas da ciência e da tecnologia os estudantes podem mobilizar: (i) o **domínio conceitual**, para se apropriarem das teorias, princípios, leis e ideias necessárias para raciocinar cientificamente e tecnologicamente acerca das questões sociais, políticas, econômicas e éticas da ciência e da tecnologia para transformar a sua realidade; (ii) o **domínio epistêmico**, para desenvolver e avaliar o conhecimento científico e tecnológico uma vez que esse domínio é a base filosófica pela qual os estudantes decidem o que sabem e o por que estão convencidos que sabem, e assim podem compreender e atuar de forma crítica e reflexiva acerca da ciência e da tecnologia para transformar a sua realidade; (iii) o **domínio social**, uma vez que o êxito da atuação crítica e reflexiva dos estudantes em relações sociais, políticas, econômicas e éticas relacionadas a ciência e tecnologia é dependente da forma como esses estudantes comunicam, apresentam, argumentam e debatem sobre os conhecimentos científicos e tecnológicos e; (iv) o **domínio material**, pois a compreensão e atuação de forma crítica dos estudantes em questões sociais políticas, econômicas e éticas estão relacionadas às habilidades desses estudantes de criar, adaptar e utilizar ferramentas, tecnologias, inscrições e outros recursos para argumentar, negociar, validar e legitimar os seus argumentos.

Relações entre os DCC e as dimensões da ACT

A partir do exposto na seção anterior, nos Quadros 2 e 3 propomos como a mobilização dos DCC (conceitual, epistêmico, social e material) podem promover as dimensões da ACT (prática, cultural, cívica e transformação social).

Quadro 2 - Dimensões da ACT desenvolvidas por meio da mobilização dos DCC.

		Dimensões para ACT			
		Caracterização para o contexto de sala de aula			
		Prática	Cultural	Cívica	Transformação social
		Os estudantes buscam compreender os fenômenos naturais, os processos e o funcionamento de tecnologias cotidianas, utilizando conhecimentos científicos e tecnológicos, a partir de elementos da linguagem científica. ¹	Compreensão dos contextos históricos e sociais em que o conhecimento científico e tecnológico se insere, promovendo a reflexão e discussão filosófica e sociológica sobre a natureza da ciência e da tecnologia. ¹	Os estudantes lidam com decisões que envolvem a aplicação e contextualização social dos conhecimentos científicos e tecnológicos. Argumentam acerca dos aspectos sociocientíficos e sociotecnológicos e da contextualização social sobre a atividade tecnológica e científica, frente à economia, à indústria, ao consumo, à tendência estética, à ética, à crença no progresso, entre outros. ¹	Os estudantes discutem, refletem e agem, a partir do diálogo, da problematização e ação transformadora, sobre as mudanças de estruturas sociais. Apresentam a capacidade de compreender e atuar de forma crítica e reflexiva em relação às questões sociais, políticas, econômicas e éticas, relacionadas à ciência e tecnologia presentes em suas vidas e na sociedade para que a sua realidade possa ser transformada. ¹
Conceitual	As estruturas conceituais e os processos cognitivos utilizados ao raciocinar cientificamente. ² Como teorias, princípios, leis e ideias são usados pelos atores para raciocinar com e sobre essas ideias. ³	Para acessarem as estruturas conceituais, os processos cognitivos, as teorias, princípios, leis e ideias utilizadas ao raciocinar cientificamente e, portanto, fazer uso da linguagem científica.	Uma vez que teorias, princípios, leis e ideias científicas estão inseridas em contextos históricos e sociais. Refletir e discutir sobre esses conceitos da dimensão cultural exige que os estudantes contextualizem o conhecimento científico em seu tempo histórico e social, reconhecendo que as teorias científicas são moldadas pelas condições sociais e pelas necessidades da sociedade.	Para compor e legitimar seus argumentos, através de teorias, princípios, leis e ideias, sobre aspectos sociocientíficos e sociotecnológicos.	Para se apropriarem das teorias, princípios, leis e ideias necessárias para raciocinar cientificamente e tecnologicamente acerca das questões sociais, políticas, econômicas e éticas da ciência e da tecnologia para transformar a sua realidade.

Quadro 3 - Dimensões da ACT desenvolvidas por meio da mobilização dos DCC

Epistêmico	Os quadros epistemológicos usados ao desenvolver e avaliar o conhecimento científico. ² A base filosófica pela qual os atores decidem o que sabem e por que estão convencidos de que sabem. ³	Para compreender os fenômenos naturais, os processos e o funcionamento das tecnologias utilizando de conhecimentos científicos e tecnológicos e da linguagem científica, os estudantes acessam a estrutura do conhecimento, como dados e evidências para decidirem o que sabem e porque estão convencidos disso.	Para refletir e discutir sobre a filosofia e sociologia da NdC e da NdT, uma vez que esses evoluíram a partir da interação entre ciência, tecnologia e sociedade ao longo do tempo, os estudantes utilizaram de estruturas do conhecimento, como dados e evidências para desenvolver e avaliar os entendimentos em sala de aula.	Para agirem com segurança na tomada de decisões que envolvem a aplicação de contextualização social do conhecimento científico, uma vez que esse domínio permite que os estudantes decidam o que sabem e porque estão convencidos do que sabem.	Para desenvolver e avaliar o conhecimento científico e tecnológico uma vez que esse domínio é a base filosófica pela qual os estudantes decidem o que sabem e o porquê estão convencidos que sabem, e assim podem compreender e atuar de forma crítica e reflexiva acerca da ciência e da tecnologia para transformar a sua realidade.
Social	Os processos sociais e contextos que moldam como o conhecimento é comunicado, representado, argumentado e debatido. ² Como os atores concordam sobre normas e rotinas para lidar, desenvolver, criticar e usar ideias. ³	Ao buscarem compreender fenômenos naturais, processos e o funcionamento de tecnologias, os estudantes podem ter contato com formas de representação e comunicação que auxiliem na apropriação de conhecimentos científicos e tecnológicos.	Ao observar os modos de comunicação e debate do conhecimento científico, o estudante constrói uma base para discutir filosoficamente e sociologicamente a forma como o conhecimento científico e tecnológico se legitima e se dissemina ao longo do tempo.	Para negociarem a forma como comunicam seus argumentos acerca dos aspectos sociocientíficos e sociotecnológicos.	Uma vez que o êxito da atuação crítica e reflexiva dos estudantes em relações sociais, políticas, econômicas e éticas relacionadas à ciência e tecnologia é dependente da forma como esses estudantes comunicam, apresentam, argumentam e debatem sobre os conhecimentos científicos e tecnológicos.
Material	Como os atores criam, adaptam e utilizam ferramentas, tecnologias, inscrições e outros recursos para apoiar o trabalho intelectual da prática. ³	A partir da criação, adaptação e utilização de ferramentas, tecnologias e outros para apoiar a utilização da linguagem científica e o processo de compreensão dos fenômenos naturais, os processos e funcionamento das tecnologias.	Para os estudantes criarem, adaptarem e utilizarem ferramentas, tecnologias, inscrições e outros para sustentar e apoiar as suas discussões, como também corroborar as suas reflexões e compreensões acerca dos contextos histórico e social em que o conhecimento científico e tecnológico estão inseridos.	Para criarem, adaptarem e utilizarem ferramentas, tecnologias e inscrições tanto para apoiar as suas tomadas de decisão quanto para corroborar os seus argumentos.	Para a compreensão e atuação de forma crítica dos estudantes em questões sociais políticas, econômicas e éticas estão relacionadas às habilidades desses estudantes de criar, adaptar e utilizar ferramentas, tecnologias, inscrições e outros recursos para argumentar, negociar, validar e legitimar os seus argumentos
ACT e DCC					

Fonte: Elaborado pelos autores (2025). 1 G. Fernandes, Fernandes, et al., 2024. 2 Duschl (2008). 3 Stroupe (2014).

No Quadro 4 foram evidenciadas as relações entre os verbos e complementos das dimensões da ACT e a mobilização dos DCC.

Quadro 4 - Relação entre a mobilização dos DCC (conceitual, epistêmico, social e material) e as dimensões da ACT (prática, cultural, cívica e transformação social) no contexto educacional.

	Dimensões da ACT			
DCC	Prática	Cultural	Cívica	Transformação social
Conceitual	Compreender utilizando conhecimentos científicos e tecnológicos	Compreender para refletir e discutir	Lidar com decisões que envolvem a aplicação de conhecimento científico e tecnológico e argumentar	Discutir, refletir e agir sobre as mudanças de estruturas sociais. Compreender e atuar de forma crítica e reflexiva
Epistêmico				
Social				
Material				

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Os verbos compreender e refletir indicam a análise individual, enquanto discutir, lidar e argumentar indicam interações sociais mais explícitas. Já os verbos agir e atuar referem-se à prática efetiva e à intervenção no mundo natural. É importante destacar, contudo, que o domínio social não se refere apenas ao processo de consenso, dissenso ou organização dos estudantes diante de um argumento, dado, evidência ou artefato, pois essa mobilização pertence ao escopo do domínio epistêmico. Ainda que verbos como compreender inicialmente remetem à esfera individual da aprendizagem, é possível que, nesse processo, o estudante mobilize o domínio social, sobretudo ao considerar como e de que forma argumentos, dados, evidências e artefatos podem ser comunicados, representados, argumentados ou debatidos. Assim, mesmo individualmente, mas inserido em um grupo, o estudante pode mobilizar o domínio social ao refletir sobre práticas, normas, critérios mais adequados de comunicação e representação dos entendimentos construídos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dimensão da transformação social da ACT ocorre em articulação com as dimensões prática, cultural e cívica. Neste sentido, expomos teoricamente as relações entre as dimensões da ACT (G. Fernandes, Fernandes, et al., 2024) e a mobilização conjunta dos DCC (R. Duschl, 2008; Stroupe, 2014). Essas relações podem potencializar o reconhecimento do caráter social da ciência e tecnologia pelos estudantes, a partir da participação em processos, práticas e conteúdos da ciência e da tecnologia.

As relações entre as dimensões da ACT (prática, cultural, cívica e transformação social) e os DCC (conceitual, epistêmico, social e material) não se dão por uma lista de características construídas em um contexto específico, mas pela participação dos estudantes em seus próprios ambientes de aprendizagem, a partir da mobilização conjunta dos domínios do conhecimento científico em sala de aula. Não há uma hierarquia nem ordem para que esses domínios surjam; eles precisam ser mobilizados conjuntamente para revelar elementos que caracterizam as dimensões da ACT.

Portanto, as relações expostas neste artigo teórico vislumbram a aproximação dos estudantes às práticas legítimas do fazer científico, promovendo uma formação voltada à emancipação e ao empoderamento para a compreensão dos desdobramentos da ciência e tecnologia. Tal formação contribui para agirem e exercerem sua participação social, de maneira consciente e crítica, tanto em contextos locais quanto globais, com base em princípios de justiça social, educacional e econômica, democracia, cidadania, sustentabilidade, igualdade, política, reconhecimento das ideologias e abordagens interdisciplinares. Dessa forma, os estudantes tornam-se sujeitos capazes de transformar a si mesmos e a realidade em que vivem.

Além disso, esta discussão teórica pode fornecer implicações tanto na pesquisa quanto no ensino de Ciências. No campo da pesquisa, propõe um modelo teórico que articula os DCC e as dimensões da ACT, considerando a diversidade dos contextos escolares. Esse modelo permite análises de currículos, materiais

didáticos e interações vividas na sala de aula com o enfoque tanto para os aspectos científicos quanto tecnológicos. Como esse modelo não pressupõe um contexto específico, sugerimos pesquisas futuras que envolvam contextos escolares diversos e inclusivos. Já no âmbito do ensino, aponta caminhos para o desenvolvimento de práticas docentes mais críticas, engajadas e socialmente situadas. Isso se caracteriza ao discutir referenciais que possibilitam repensar o currículo de Ciências, de modo a oportunizar aos estudantes a mobilização dos DCC e a compreensão que a ciência é uma prática social, por meio de práticas pedagógicas que dialogam com a realidade e os desafios vivenciados pelos estudantes em suas comunidades.

Disponibilidade de dados

Todo o conjunto de dados que dá suporte aos resultados deste estudo foi publicado no próprio artigo.

Declaração de conflito de interesse

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Contribuição dos autores

Danilo Lopes Santos – Administração do Projeto, Análise Formal, Conceituação, Gerenciamento de Dados, Escrita – Primeira versão, Escrita – Revisão e Edição, Investigação e Metodologia.

Fernando César Silva – Administração do Projeto, Análise Formal, Conceituação, Escrita – Revisão e Edição, Investigação, Metodologia e Supervisão.

Referências Bibliográficas

Aires, J. A., & Lambach, M. (2010). Contextualização do ensino de Química pela problematização e alfabetização científica e tecnológica: Uma possibilidade para a formação continuada de professores. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 10(1), Artigo 1. <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/3984>

Archanjo Junior, M. G. de, & Gehlen, S. T. (2021). A tecnologia social na programação de um currículo crítico-transformador na educação em ciências. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 23, e24929. <https://doi.org/10.1590/1983-21172021230112>

Arnold, J., & Clarke, D. J. (2014). What is ‘Agency’? Perspectives in Science Education Research. *International Journal of Science Education*. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500693.2013.825066>

Auler, D. (2003). alfabetização científico-tecnológica: Um novo “paradigma”. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 5, 68–83. <https://doi.org/10.1590/1983-21172003050107>

Auler, D., & Delizoicov, D. (2001). Alfabetização Científico-Tecnológica Para Quê? *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 3, 122–134. <https://doi.org/10.1590/1983-21172001030203>

Biesta, G., & Tedder, M. (2007). Agency and learning in the lifecourse: Towards an ecological perspective. *Studies in the Education of Adults*, 39(2), 132–149. <https://doi.org/10.1080/02660830.2007.11661545>

Bocheco, O. (2011). *Parâmetros para a abordagem de evento no Enfoque CTS* [Dissertação, Universidade Federal de Santa Catarina]. <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/95281/294999.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Bowyer, J. (1990). *Scientific and Technological Literacy: Education for Change*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Scientific-and-Technological-Literacy%3A-Education-Bowyer/4db45cbde525bad449052f4377a51b1d2aeb5ceb>
- Duschl, R. (2008). Science Education in Three-Part Harmony: Balancing Conceptual, Epistemic, and Social Learning Goals. *Review of Research in Education*, 32(1), 268–291. <https://doi.org/10.3102/0091732X07309371>
- Duschl, R. A. (1985). Science Education and Philosophy of Science Twenty-Five Years of Mutually Exclusive Development. *School Science and Mathematics*, 85(7), 541–555. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1985.tb09662.x>
- Dutra, G. E., Oliveira, E. C., & Pino, J. C. D. (2017). Alfabetização científica e tecnológica na formação do cidadão. *Revista Signos*, 38(2), Artigo 2. <https://doi.org/10.22410/issn.1983-0378.v38i2a2017.1375>
- Fabri, F. (2020). Ensino de ciências, alfabetização científica e tecnológica e enfoque ciência, tecnologia e sociedade: O que pensam docentes dos anos iniciais do ensino fundamental em exercício? *Revista Praxis*, 12(24), Artigo 24. <https://doi.org/10.47385/praxis.v12.n24.1277>
- Feinstein, N. W., & Waddington, D. I. (2020). Individual truth judgments or purposeful, collective sensemaking? Rethinking science education's response to the post-truth era. *Educational Psychologist*, 55(3), 155–166. <https://doi.org/10.1080/00461520.2020.1780130>
- Fernandes, G. (2025). Há uma crise na Alfabetização Científica e Tecnológica? Uma reflexão crítica sobre STEM e transformação social. *VESTIGARE: Revista de Pesquisas em Educação, Ciências e Tecnologias*, 1, 4–28. <https://doi.org/10.5380/vrpect.1.97827>
- Fernandes, G., Barbosa, G. M., Allain, L. R., & Santos, D. L. (2024). Unidades de ensino potencialmente significativas a uma situação de estudo: Avaliando o conhecimento científico de estudantes da educação básica a partir de uma tecnologia social. *Investigações em Ensino de Ciências*, 29(2), Artigo 2. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2024v29n2p231>
- Fernandes, G., Fernandes, I. H., & Santos, D. L. (2024). Alfabetização científica e tecnológica como transformação social: Uma reflexão para a sua promoção no ensino de ciências a partir de uma tecnologia social. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 26, 1–21. <https://doi.org/10.1590/1983-21172022240195>
- Fernandes, I. H., Santos, D. L., & Fernandes, G. (2025). Alfabetização Científica e Tecnológica Escolar Como Transformação Social: Uma Análise a Partir de Uma Situação de Estudo Apoiada por Tecnologia Social. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, e53657-29. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2025u129>
- Fourez, G. (1994). *Alfabetización científica y tecnológica: Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Ediciones Colihue.
- Fourez, G. (1997). Scientific and Technological Literacy as a Social Practice. *Social Studies of Science*, 27(6), 903–936. <https://doi.org/10.1177/030631297027006003>
- Fourez, G. (2003). Crise no ensino de ciências? *Investigações em Ensino de Ciências*, 8(2), Artigo 2.
- Fourez, G. (com Lecompte, V. englebert, Grootaers, D., & Tilman, P. M. y F.). (2005). *Alfabetización cinetífica y tecnológica: Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias* (3º ed.). Colihue.
- Freire, P. (1987). *Pedagogia do oprimido* (17º ed.). Paz e Terra.
- Freire, P. (2003). *Pedagogia do Oprimido*. Paz e Terra.

Freire, P. (2019). *Educação como prática da liberdade* (53ª ed.). Paz & Terra.

Fumeiro, C. L., Silveira, S. S. dos S., Martins, S. N., & Omena, V. J. M. (2019). Alfabetização científica e tecnológica como Princípio da formação do cidadão. *Educitec - Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico*, 5(11), Artigo 11. <https://doi.org/10.31417/educitec.v5i11.741>

Lawall, I. T. (2021). Olhares para além das ilhas interdisciplinares de racionalidade no uso da alfabetização científica e tecnológica. Em T. Milaré, G. P. Richetti, L. Lorenzetti, & J. de P. A. Filho (Org.), *Alfabetização científica e tecnológica na Educação em Ciências: Fundamentos e Práticas* (p. 96–110). Editora LF.

Lemes, A. F. G., Magnani, L. H., Mendes, M. T., & Allain, L. R. (2023). Confluências na formação de educadores das áreas de Ciências da Natureza e Linguagens a partir da Tecnologia Social das tintas de terra. *Práxis Educativa*, 18, 1–20. <https://doi.org/10.5212/PraxEduc.v.18.21374.064>

Longino, H. E. (1990). Science as Social Knowledge: Values and Objectivity in Scientific Inquiry. Em *Science as Social Knowledge*. Princeton University Press. <https://doi.org/10.1515/9780691209753>

Longino, H. E. (2002). Socializing Knowledge. Em *The Fate of Knowledge* (p. 124–144). Princeton University Press. <https://muse.jhu.edu/pub/267/monograph/book/60871>

Lorenz, K. M. (2008). Ação de instituições estrangeiras e nacionais no desenvolvimento de materiais didáticos de ciências no Brasil: 1960-1980. *Revista Educação em Questão*, 31(17), Artigo 17. <https://periodicos.ufrn.br/educacaoemquestao/article/view/3903>

Lorenzetti, L. (2021). A Alfabetização Científica e Tecnológica: Pressupostos, História e Compreensões da Alfabetização Científica e Tecnológica. Em T. Milaré, G. P. Richetti, L. Lorenzetti, & J. P. Alves Filho (Org.), *Alfabetização científica e tecnológica na Educação em Ciências: Fundamentos e Práticas* (p. 47–73). Livraria da Física.

Lorenzetti, L., & Delizoicov, D. (2001). Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 3, 45–61. <https://doi.org/10.1590/1983-21172001030104>

Mello, L. S. G. de, & Guazzelli, I. R. B. (2011). A alfabetização científica e tecnológica e a educação para a saúde em ambiente não escolar. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, 4(1), Artigo 1. <https://doi.org/10.3895/S1982-873X2011000100002>

Milaré, T., & Alves Filho, J. de P. (2010). Ciências no nono ano do ensino fundamental: Da disciplinaridade à alfabetização científica e tecnológica. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 12, 101–120. <https://doi.org/10.1590/1983-21172010120207>

Milaré, T., & Richetti, G. P. (2021). História e compreensão da alfabetização científica e tecnológica. Em T. Milaré, G. P. Richetti, L. Lorenzetti, & J. de P. A. Filho (Org.), *Alfabetização científica e tecnológica na Educação em Ciências: Fundamentos e Práticas* (p. 19–46). Editora Livraria da Física

Milaré, T., Richetti, G. P., Lorenzetti, L., & Filho, J. de P. A. (2021). *Alfabetização científica e tecnológica na educação em ciências: Fundamentos e práticas* (1ª ed., V. 1). Livraria da Física.

Moura, C. (2021). Para que história da ciência no ensino? Algumas direções a partir de uma perspectiva sociopolítica. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, 4(3). <https://doi.org/10.5335/rbecm.v4i3.12900>

Norambuena-Meléndez, M., Guerrero, G. R., & González-Weil, C. (2023). What is meant by scientific literacy in the curriculum? A comparative analysis between Bolivia and Chile. *Cultural Studies of Science Education*, 18(3), 937–958. <https://doi.org/10.1007/s11422-023-10190-3>

Ogawa, M. (1998). Under the Noble Flag of ‘Developing Scientific and Technological Literacy’. *Studies in Science Education*, 31(1), 102–111. <https://doi.org/10.1080/03057269808560116>

Pickering, A. (1995). *The Mangle of Practice: Time, Agency, and Science*. University of Chicago Press. <https://press.uchicago.edu/ucp/books/book/chicago/M/bo3642386.html>

Pugliese, G. O. (2022). *STEM education no contexto das reformas educacionais: Os efeitos das políticas de educação globalizantes no currículo e na profissionalização docente* [Tese, Universidade de São Paulo]. <https://doi.org/10.11606/T.48.2022.tde-17032022-110235>

Ribeiro, K. D. F. (2024). Análise de uma proposta pedagógica à luz de perspectivas formativas transformativas. *REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 12, e24103–e24103. <https://doi.org/10.26571/reamec.v12.18161>

Richetti, G. P., & Filho, J. de P. A. (2009). Automedicação: Um tema social para o Ensino de Química na perspectiva da Alfabetização Científica e Tecnológica. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 2(1), Artigo 1.

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*, e29065-29. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2021u11871215>

Roberts, D. A. (2011). Exploring the Landscape of Scientific Literacy. Em C. Linder, L. Östman, D. A. Roberts, P.-O. Wickman, G. Erickson, & A. MacKinnon (Org.), *Exploring the Landscape of Scientific Literacy* (p. 11–27). Routledge/Taylor and Francis.

Rosa, C. T. W. da, & Amaral, L. C. Z. (2021). Formação cidadã no ensino de Ciências: Diálogo com a ACT. Em T. Milaré, G. P. Richetti, L. Lorenzetti, & J. de P. A. Filho (Org.), *Alfabetização científica e tecnológica na Educação em Ciências: Fundamentos e Práticas* (p. 74–95). Editora LF.

Roudometof, V. (2015). The Glocal and Global Studies. *Globalizations*, 12(5), 774–787. <https://doi.org/10.1080/14747731.2015.1016293>

Sasseron, L. H. (2021). Práticas constituintes de investigação planejada por estudantes em aula de ciências: Análise de uma situação. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 23, e26063. <https://doi.org/10.1590/1983-21172021230101>

Sasseron, L. H. (2024). Alfabetização Científica como perspectiva formativa: Resultados de pesquisa e possibilidades de novos estudos. Em C. A. de O. M. Júnior (Org.), *Análise de dados em Educação para a Ciência e a Matemática*. Texto e Contexto.

Shen, B. S. P. (1975). Science Literacy: Public understanding of science is becoming vitally needed in developing and industrialized countries alike. *American Scientist*, 63(3), 265–268.

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, 1–20. <https://doi.org/10.1590/1983-21172021230129>

Silva, F. C., Nascimento, L. A., Valois, R. S., & Sasseron, L. H. (2022). Ensino de ciências como prática social: Relações entre as normas sociais e os domínios do conhecimento. *Investigações em Ensino de Ciências*, 27(1), Artigo 1. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2022v27n1p39>

Silva, F. C., & Sasseron, L. H. (2025). Mobilization of Scientific Knowledge Domains to Build Epistemic Practices Among Pre-service Chemistry Teachers. *Science & Education*. <https://doi.org/10.1007/s11191-024-00607-y>

Sjöström, J. (2018). Science Teacher Identity and Eco-Transformation of Science Education: Comparing Western Modernism with Confucianism and Reflexive “Bildung”. *Cultural Studies of Science Education*, 13(1), 147–161. <https://doi.org/10.1007/s11422-016-9802-0>

Sjöström, J. (2024). Vision III of scientific literacy and science education: An alternative vision for science education emphasising the ethico-socio-political and relational-existential. *Studies in Science Education*, 0(0), 1–36. <https://doi.org/10.1080/03057267.2024.2405229>

Sjöström, J., & Eilks, I. (2018). Reconsidering Different Visions of Scientific Literacy and Science Education Based on the Concept of Bildung. Em Y. J. Dori, Z. R. Mevarech, & D. R. Baker (Org.), *Cognition, Metacognition, and Culture in STEM Education: Learning, Teaching and Assessment* (p. 65–88). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66659-4_4

Stroupe, D. (2014). Examining Classroom Science Practice Communities: How Teachers and Students Negotiate Epistemic Agency and Learn Science-as-Practice. *Science Education*, 98(3), 487–516. <https://doi.org/10.1002/sce.21112>

Takkaç Tulgar, A. (2024). A Compromise between Global and Local: Glocal Identity and Its Effects on Pragmatic Development. *Journal of Language, Identity & Education*, 23(1), 49–65. <https://doi.org/10.1080/15348458.2021.1956319>

University Press, O. (2025, junho 14). *Adjetivo glocal*. Dicionário Oxford Advanced Learner’s. <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/us/definition/english/glocal?q=glocal>

Valladares, L. (2021). Scientific Literacy and Social Transformation. *Science & Education*, 30(3), 557–587. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00205-2>

Danilo Lopes Santos

Titulação: Doutorando em Educação no Programa de Pós Graduação em Educação da Faculdade de Educação da UFMG (PPGE/FaE/UFMG)

Filiação institucional: Universidade Federal de Minas Gerais

E-mail: danilolopes.edu@gmail.com

Fernando César Silva

Titulação: Professor Adjunto do Departamento de Métodos e Técnicas de Ensino da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais (DMTE-FaE/UFMG)

Filiação institucional: Universidade Federal de Minas Gerais

E-mail: fcsquimico@ufmg.br

Editora Responsável

Marina Martins

Contato

Centro de Ensino de Ciências e Matemática de Minas Gerais – CECIMIG
Faculdade de Educação – Universidade Federal de Minas Gerais
revistaepec@gmail.com

O CECIMIG agradece ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico) e à FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) pela verba para a editoração deste artigo.