


HÁ UMA CRISE NA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA? UMA REFLEXÃO CRÍTICA SOBRE STEM E TRANSFORMAÇÃO SOCIAL

IS THERE A CRISIS IN SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL LITERACY? A CRITICAL REFLECTION ON STEM AND SOCIAL TRANSFORMATION

Geraldo Wellington Rocha Fernandes

Doutor em Educação. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Diamantina, Minas Gerais, Brasil.

 <https://orcid.org/0000-0002-1337-1236>
geraldo.fernandes@ufvjm.edu.br

RESUMO: O artigo é um ensaio que analisa a possibilidade de uma crise na Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT), explorando seus limites e possibilidades no contexto contemporâneo internacional. Inicialmente, revisa a evolução histórica do conceito de ACT, diferenciando-o de abordagens como a Alfabetização STEM e destacando a ausência de discussões sobre as Visões da ACT. Com base nos pressupostos teóricos de Fourez e em uma perspectiva crítica, o texto argumenta que a ACT não deve se limitar ao domínio técnico-científico, mas deve incluir reflexões éticas, políticas e sociais, capacitando os estudantes a atuarem de forma transformadora em suas comunidades. O artigo propõe, ainda, um caminho para fortalecer a ACT como uma ferramenta educacional crítica, interdisciplinar e voltada para a transformação social, alinhando-se às demandas atuais, como justiça social, democracia e ação sociopolítica. Por fim, apresenta exemplos práticos e modelos teórico-metodológicos para mobilizar a ACT como Transformação Social no contexto escolar, ressaltando sua relevância como alternativa às abordagens utilitaristas e neoliberais da Alfabetização STEM.

Palavras-chave: Alfabetização Científica e Tecnológica; Transformação Social; Alfabetização STEM.

ABSTRACT: The article is an essay that analyzes the possibility of a crisis in Scientific and Technological Literacy (STL), exploring its limits and possibilities in the contemporary international context. It initially reviews the historical evolution of the concept of STL, differentiating it from approaches like STEM Literacy and highlighting the absence of discussions on the Visions of STL. Based on Fourez's theoretical assumptions and a critical perspective, the text argues that STL should not be confined to the technical-scientific domain but should include ethical, political, and social reflections, empowering students to act transformative within their communities. The article also proposes a path to strengthen STL as a critical, interdisciplinary educational tool for social transformation, aligning with current demands such as social justice, democracy, and sociopolitical action. Finally, it presents practical examples and theoretical-methodological models to mobilize STL as Social Transformation in the school context, highlighting its relevance as an alternative to the utilitarian and neoliberal approaches of STEM Literacy.

Keywords: Scientific and Technological Literacy. Social Transformation. STEM Literacy.

INTRODUÇÃO

A Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) emergiu como uma prioridade nas políticas educacionais do final do século XX, com o objetivo

de preparar cidadãos para uma sociedade cada vez mais influenciada pela ciência e tecnologia. Entretanto, nas décadas subseqüentes, observou-se uma gradual redução de seu protagonismo, à medida que conceitos como STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) passaram a ocupar posição central na literatura e nos currículos educacionais, especialmente na Europa e nos Estados Unidos (Anderson, 2020; Bybee, 2010). Essa transição reflete mudanças nos objetivos educacionais, nas orientações curriculares, nas avaliações externas e nas demandas sociais, suscitando questionamentos sobre o papel da ACT na formação de indivíduos críticos e socialmente comprometidos (Fourez, 2005; Holbrook; Rannikmae, 1996; Laherto, 2010), bem como sobre sua influência nas transformações educacionais no Brasil.

O conceito de ACT, conforme descrito por diversos autores (de Vries, 2012; Fourez, 2005; Milaré; Richetti, 2021), vai além da simples aquisição de conhecimentos científicos e tecnológicos, configurando-se como uma “prática social” (Fourez, 1997) voltada para a transformação de contextos socioculturais. Em paralelo, discussões recentes na literatura em Educação Científica organizam as tendências e definições da Alfabetização Científica (AC) em três visões: Visão I – Ciência para cientistas; Visão II – Ciência para todos; e Visão III – Ciência para a Transformação. Essas visões convergem com os princípios críticos da ACT, evidenciando a necessidade de integrar ciência e tecnologia em um modelo educacional interdisciplinar, que aborde tanto a compreensão técnica quanto a participação ativa em questões sociocientíficas.

O presente texto resulta de debates e reflexões realizados durante um período de pós-doutorado na Europa, momento em que determinadas discussões assumiram uma perspectiva distinta em relação à pesquisa conduzida pelo Grupo de Estudo e Pesquisa em Abordagens e Metodologias de Ensino de Ciências (GEPAMEC) da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), no Brasil. As discussões e as pesquisas sobre ACT desenvolvidas no Brasil mantêm-se relevantes, embora, por vezes, pareçam receber menos atenção em comparação à AC. A motivação para a redação deste ensaio surgiu após a releitura do livro “*Alfabetización Científica Y Tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*”, de Fourez (2005 [1994]), e do artigo “Crise no Ensino de Ciências?” (Fourez, 2003) que inspirou a pergunta central que norteou o pós-doutorado e este texto: *Qual é o olhar da Educação Científica para ACT na atualidade? A ACT está em crise?*

A resposta varia conforme os contextos culturais, locais e políticos nos quais essa questão é explorada. O STEM, enquanto abordagem educacional, alfabetização e currículo, tem sido identificado como a resposta predominante (Anderson, 2020). Para McComas e Burgin (2020), há evidências de crise no contexto da tensão gerada pelo debate STEM. Em seguida, observam-se estudos que propõem uma visão mais

contemporânea para a AC, frequentemente negligenciando a Alfabetização Tecnológica (AT). Essa visão contemporânea integra conceitos como justiça, democracia, sustentabilidade crítica e transformação social (Sjöström, 2024), conectando-se ao conceito de *Bildung*, oriundo do norte da Europa (Guerrero; Sjöström, 2024; Sjöström; Eilks, 2018; Wang; Lavonen; Tirri, 2019). Esse conceito integra, na didática e no ensino de Ciências, elementos implícitos da ACT, como consciência política e crítica, além de dimensões culturais, práticas, tácitas, locais, experienciais e estéticas (Sjöström; Eilks, 2018).

Como Kuhn (2014 [1962]) observou, a crise envolve politização, com a sociedade (ou, no caso, a comunidade de educação científica) se dividindo em grupos em disputa, sendo que um tenta preservar a antiga estrutura institucional, enquanto os outros buscam estabelecer uma nova (Kuhn, 2014 [1962]; McComas; Burgin, 2020).

A partir dessas perspectivas, o texto revisita as visões da AC, aproximando-as dos pressupostos de Fourez (1997; 2005) e analisando como a ACT pode responder às demandas de uma sociedade tecnocientífica em transformação. Ademais, propõe-se explorar alternativas, em oposição à predominância da Alfabetização STEM, com o intuito de resgatar a ACT como um modelo educacional crítico e transformador, aplicável tanto em contextos globais quanto escolares.

AC, AT, ACT E STEM: DIFERENCIANDO ALFABETIZAÇÕES

O conceito de ACT é multifacetado, integrando aspectos sociais, filosóficos e educacionais da ciência e da tecnologia (de Vries, 2012; Fourez, 2005; Milaré *et al.*, 2021). Ao longo das décadas, as discussões sobre ACT evoluíram significativamente, mas têm perdido espaço na literatura e nos currículos internacionais, especialmente para abordagens como STEM (Guerrero; Sjöström, 2024). Originalmente, a ênfase recaía na AC, voltada à compreensão de conceitos científicos, enquanto a AT se limitava ao domínio técnico de ferramentas e máquinas. Contudo, a partir da segunda metade do século XX, a crescente interdependência entre ciência e tecnologia, bem como seus impactos sociais, políticos e éticos, impulsionou a consolidação da ACT como um conceito integrado e crítico, especialmente na década de 1990 (Laugksch, 2000). Essa transformação reflete a necessidade de formar cidadãos capazes de compreender e interagir criticamente com um mundo moldado pela ciência e tecnologia, abrangendo tanto a ACT global, voltada para o público geral, quanto a ACT escolar, direcionada à educação formal e relacionada a aspectos como reforma curricular, formação de professores e produção de materiais didáticos (Milaré *et al.*, 2021).

A **AC** refere-se à compreensão dos conceitos científicos básicos, dos métodos de investigação científica e da Natureza da Ciência (NdC) como uma atividade humana, logo, não neutra (Coverdale, 1997; de Vries, 2012;

Ekici; Aydoğdu, 2014). Envolve a capacidade de aplicar o conhecimento científico na vida cotidiana, tomar decisões informadas sobre questões sociocientíficas e participar de debates públicos sobre ciência e tecnologia (Coverdale, 1997; de Vries, 2012; Dori; Tal; Tsaushu, 2003; Ekici; Aydoğdu, 2014). Estudos em Educação Científica que abordam a AC como meta de aprendizagem e/ou objetivo de ensino frequentemente a conectam à tecnologia ou à educação tecnológica, considerando-a um conceito relacionado e/ou complementar, mas não equivalente à ACT (Fourez, 2005; Richetti; Niezwida, 2023). Como conceito multifacetado, a AC apresenta diferentes dimensões (Shen, 1975), categorias ou níveis (Bybee, 1997) e visões (Sjöström, 2024; Valladares, 2021).

No que diz respeito à **AT**, esta vai além da natureza instrumental ou da habilidade de usar ferramentas e máquinas, abrangendo a compreensão dos processos de planejamento e produção, a análise dos impactos sociais e éticos das tecnologias, bem como a capacidade de avaliá-las criticamente e empregá-las de forma responsável (Coverdale, 1997; de Vries, 2012; Ekici; Aydoğdu, 2014). Uma pessoa tecnologicamente alfabetizada é capaz de identificar problemas, desenvolver soluções tecnológicas, analisar os riscos e benefícios associados às tecnologias, tomar decisões informadas sobre seu uso e participar de debates públicos sobre ciência e tecnologia (de Vries, 2012; Ekici; Aydoğdu, 2014). A AT também se relaciona diretamente com a Natureza da Tecnologia (NdT) (Richetti; Niezwida, 2023), abrangendo a evolução histórica, bem como de aspectos sociais e filosóficos, sob perspectivas epistemológicas e ontológicas (Fourez, 2005).

Sob uma perspectiva global (ACT para todos) e pedagógica (ACT escolar), a **ACT** representa a integração entre a AC e a AT, reconhecendo a interdependência entre ciência e tecnologia e sua influência na sociedade (de Vries, 2012; Laherto, 2010). A literatura utiliza, por vezes, a expressão “alfabetização científica-tecnológica” para referir-se a essa inter-relação (Aragón, 2020; Ekici; Aydoğdu, 2014), analisando-a sob uma perspectiva cultural, social e conforme referencial teórico adotado (Fourez, 2005; Milaré et al., 2021). Em algumas traduções, os termos “letramento” ou “literacia científica e tecnológica” são empregados para traduzir *Scientific and Technologic Literacy*.

Por outro lado, o conceito de **STEM** é multifacetado e está em constante evolução, abrangendo diversas interpretações, objetivos e desafios de integração, além de críticas direcionadas ao seu desenvolvimento como perspectiva curricular e à sua instrumentalização neoliberal, que contribuem para a construção de seu arcabouço teórico (Guerrero; Sjöström, 2024; McComas; Burgin, 2020). A literatura associa o STEM à educação (Nagele et al., 2024; Pranata; Syahril; Megahati S., 2023), ao currículo (Anderson, 2020) e à Alfabetização STEM (Tang; Williams, 2019).

A ACT não deve ser confundida com a AC complementada por elementos tecnológicos, nem com a abordagem CTS ou à Alfabetização STEM. Sua proposta é formar cidadãos informados, críticos e engajados, capazes de participar de debates sociocientíficos e tomar decisões responsáveis sobre ciência e tecnologia (Holbrook; Rannikmae, 2007; Laherto, 2010). Para Fourez (1997; 2005), a ACT configura-se como um movimento social fundamentado nas interações entre ciência, tecnologia e sociedade, sendo uma "educação de base" que "empodera" os indivíduos para agir e se comunicar em um mundo tecnocientífico.

Um exemplo concreto de "educação de base" fundamentada na ACT foi o debate social e a formação cidadã relacionados à pandemia de COVID-19 (2020-2021). Uma pessoa alfabetizada científica e tecnologicamente estaria apta a compreender a dinâmica do coronavírus, avaliar medidas preventivas e discernir informações científicas confiáveis, enfrentando o negacionismo e promovendo a adesão às vacinas. Esse exemplo evidencia a interdependência entre ciência e tecnologia e reforça o papel da ACT na formação de cidadãos preparados para os desafios contemporâneos.

Partindo do exposto anteriormente, surge a primeira reflexão deste ensaio: *de que maneira a ACT e a Alfabetização STEM refletem as tensões entre a formação de cidadãos críticos e a preparação de indivíduos tecnicamente qualificados para atender às demandas de um mundo cada vez mais moldado pela ciência, tecnologia e interesses neoliberais?*

A EVOLUÇÃO DA AC, A INTEGRAÇÃO DA AT, A CONSOLIDAÇÃO DA ACT E O SURGIMENTO DA ALFABETIZAÇÃO STEM

A consolidação da ACT reflete um processo histórico e social com raízes em diferentes momentos. Uma literatura extensa resgata a evolução da AC, a integração da AT e a consolidação da ACT (DeBoer, 2000; Hurd, 1998; Laugksch, 2000; Milaré; Richetti, 2021). As primeiras noções que deram suporte ao início da Educação Científica e ao conceito de AC remontam à década de 1930, período em que o ensino de Ciências era concebido como um meio de promover hábitos de pensamento crítico e independente, inspirados pelas ideias de John Dewey sobre o papel da ciência na educação geral (DeBoer, 2000).

No pós-guerra, *década de 1950*, especialmente após o lançamento do *Sputnik* Soviético em 1957, Hurd publicou em 1958 o texto *Science Literacy: its meaning for American Schools*, considerado um marco inicial nas discussões sobre AC (Hurd, 1958). No entanto, para Rudolph (2024), o termo foi usado pela primeira vez em 1945, pelo físico americano Gaylord Harnwell. Segundo este autor, é comum atribuir equivocadamente a Paul Hurd a introdução do termo "AC" em 1958, embora ele já estivesse em uso há mais de uma década. Nesse período, a Educação Científica ganhou destaque, e a

AC consolidou-se como tema essencial nas políticas educacionais e curriculares (DeBoer, 2000; Hurd, 1958).

Na *década de 1960*, o movimento Ciências, Tecnologia e Sociedade (CTS) trouxe uma perspectiva crítica, destacando a interconexão entre ciência, tecnologia e sociedade. Esse movimento influenciou a transição da AC para uma abordagem mais integrada com a AT, enfatizando a análise dos impactos sociais e éticos da ciência e da tecnologia e preparando os cidadãos para tomar decisões em contextos sociotécnicos, dentro da ideia de “ciências para todos” ou “ciência cidadã” (Laherto, 2010).

Na *década de 1980*, essa ideia de “ciências para todos” ganhou força, marcando o início de discussões sistemáticas sobre ACT e destacando sua importância na formação de cidadãos para lidar com uma sociedade cada vez mais científica e tecnológica (DeBoer, 2000; Laugksch, 2000). Contudo, o foco dos debates permanecia na alfabetização funcional, preparando os estudantes para viver em uma sociedade tecnocientífica emergente.

Nos anos *1990*, a ACT consolidou-se como um **campo unificado**, integrando as dimensões científica e tecnológica (Bencze; Bowen, 2009; Coverdale, 1997; Dori; Tal; Tsaushu, 2003; Fourez, 2005; UNESCO, 1993). Iniciativas como o *Project 2000+* da UNESCO foram fundamentais nessa convergência (Jane, 1990; Parkinson, 2003; UNESCO, 1993). Quatro décadas após o texto de Hurd (1958), que se concentrava na formação de futuros cientistas em um contexto de Guerra Fria, o autor revisitou o conceito de AC em sua publicação *Scientific Literacy: New Minds for a Changing World* (Hurd, 1998), defendendo uma AC mais ampla e cívica, voltada para a participação cidadã em uma sociedade em constante transformação. Paralelamente, o movimento STEM começou a se destacar. Embora suas raízes remontem ao período do *Sputnik*, o termo STEM foi formalizado na década de 1990 pela *National Science Foundation (NSF)* como estratégia para fortalecer a inovação tecnológica e a competitividade econômica (Bybee, 2013; Su; Chang, 2024).

Na *década de 2000*, desafios globais reforçaram a importância da ACT como objetivo central da educação científica, com ênfase na elaboração de currículos e materiais didáticos que favorecessem o seu desenvolvimento (Ekici; Aydoğdu, 2014; Holbrook; Rannikmae, 2007), abordando temas críticos como mudanças climáticas, biotecnologia e dilemas éticos (Hodson, 2003; Tan, 2004). Nesse período, estratégias como a aprendizagem baseada em projetos, o pensamento curricular interdisciplinar e a popularização da ciência e tecnologia tornaram-se fundamentais para ampliar o acesso ao conhecimento e preparar cidadãos para uma sociedade tecnocientífica (Dori; Tal; Tsaushu, 2003; Parkinson, 2003). Simultaneamente, o STEM consolidou-se como abordagem emergente em políticas educacionais globais. Evuindo para **STEAM** ao incorporar as artes,

o STEM passou a integrar habilidades do século XXI, como criatividade e colaboração (Pranata; Syahril; Megahati S., 2023; Su; Chang, 2024).

A década de 2000 também marcou o início do *Programme for International Student Assessment* (PISA), promovido pela OCDE no final dos anos 1990. Na sua primeira aplicação em 2000, o PISA adotou em suas diretrizes a AC como meta central para avaliação em Ciências, destacando a capacidade de usar o conhecimento científico para resolver problemas práticos e tomar decisões fundamentadas (Bybee; McCrae, 2011; Bybee, 2008). Apesar de sua influência em políticas educacionais globais, o PISA também enfrentou críticas, particularmente sobre a influência de suas diretrizes em currículos nacionais e nas práticas educacionais de muitos professores (Guerrero; Sjöström, 2024).

Na *década de 2010*, o foco em Questões Sociocientíficas (QSC) (Ekici; Aydoğdu, 2014; Roberts; Bybee, 2014; Vaino; Holbrook; Rannikmäe, 2013) e a ascensão do STEM evidenciaram tensões entre a ACT e a Alfabetização STEM. A ACT manteve sua ênfase em participação cidadã e na análise crítica de interações entre ciência, tecnologia e sociedade, enquanto a Alfabetização STEM priorizou competências técnicas e empregabilidade (Roberts; Bybee, 2014). Embora essas “alfabetizações” possam ser consideradas complementares (Roberts; Bybee, 2014), a predominância da Alfabetização STEM nos debates educacionais desafiou o protagonismo da ACT, refletindo uma possível crise em sua permanência como ferramenta crítica para a formação cidadã (Fourez, 2003; Guerrero; Sjöström, 2024; McComas; Burgin, 2020).

O que se observa atualmente? Nos últimos anos, a discussão internacional envolvendo a ACT perdeu relevância como área de pesquisa ou meta curricular, sendo substituída por abordagens que enfatizam competências, como o pensamento crítico e o uso ético da tecnologia (Aragón, 2020; Hodson, 2011). Nesse contexto, o termo *literacy* mantém sua força (Roberts; Bybee, 2014). A discussão vigente concentra-se na AC, que permanece consolidada na literatura internacional em Educação Científica, enquanto a tecnologia é caracterizada como um conceito relacionado e/ou complementar à AC (Richetti; Niezwida, 2023; Rudolph, 2024). Simultaneamente, a Alfabetização STEM se consolidou na literatura internacional em Educação Científica e nos currículos de diversos países, evoluindo para STEAM, ao incorporar as artes e ao focalizar o desenvolvimento de habilidades do século XXI, como criatividade e colaboração (McComas; Burgin, 2020; Su; Chang, 2024). Contudo, a aceitação do STEM como perspectiva curricular, educação ou alfabetização não é unânime, uma vez que também são destacadas críticas e observações na literatura internacional sobre a sua implementação no contexto escolar e o seu impacto social (Guerrero; Sjöström, 2024).

Portanto, a segunda reflexão proposta neste ensaio parte do seguinte questionamento: *em que medida as diferentes visões da AC atendem às demandas de formação de cidadãos e estudantes em uma sociedade tecnocientífica e como essas dimensões dialogam com os princípios da ACT?*

A EVOLUÇÃO DAS VISÕES DA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

Nas seções anteriores, observou-se que a AC passou por transformações significativas ao longo das últimas décadas, emergindo categorias, dimensões ou níveis para representar o que significa ser alfabetizado cientificamente em um mundo cada vez mais complexo e permeado por ciência e tecnologia (Bybee, 1997; Shen, 1975). Nesse contexto, Roberts (2007) propôs duas visões amplamente conhecidas de AC: **Visão I** e **Visão II**. Posteriormente, Sjöström e Eilks (2018), assim como Valladares (2021), reorganizaram essas perspectivas e apresentaram uma proposta para a Visão III da AC. Para exemplificar e aprofundar o debate aqui proposto, considera-se pertinente resgatar e analisar as características de cada uma dessas visões da AC, conforme sintetizado no Quadro 1.

Quadro 1 – Síntese das três visões da AC

Visão I: AC para formar cientistas
Essa visão tem suas raízes nos primórdios da educação científica, representando uma concepção inicial da AC. Ela enfatiza a aquisição de conhecimento científico e o desenvolvimento de habilidades de investigação, com foco na compreensão da Natureza da Ciência (NdC) e na busca por explicações corretas (Sjöström, 2024). Alinhada à dimensão interna da NdC, essa visão tem como objetivo preparar estudantes para carreiras científicas (Valladares, 2021), priorizando o conhecimento disciplinar e as competências científicas (Sjöström, 2024).
Visão II: AC para todos
Essa visão amplia o escopo da AC, incorporando a aplicação do conhecimento científico em situações cotidianas e na tomada de decisões (Sjöström, 2024; Valladares, 2021). Ela surge como uma resposta à necessidade de conectar a ciência com a sociedade, buscando tornar o aprendizado mais relevante e significativo para os estudantes (Wang; Lavonen; Tirri, 2019). Roberts (2007) foi um dos que contribuiu para o desenvolvimento da Visão II e de suas subdivisões ou diferentes ênfases, como a Visão IIA, que se concentra na vida cotidiana, e a Visão IIB, voltada para a tomada de decisões (Sjöström, 2024).
Visão III: AC para a transformação social
Essa visão emerge como uma resposta crítica às limitações das visões anteriores, buscando promover uma AC mais engajada, crítica e orientada para a ação e transformação social (Silva; Sasseron, 2021; Sjöström, 2024; Valladares, 2021). Ela reconhece a complexidade da relação entre ciência, tecnologia e sociedade, destacando a importância da participação cidadã, da justiça social e

da sustentabilidade (Sjöström, 2024; Valladares, 2021). Trata-se de uma visão multifacetada, com diferentes interpretações (Sjöström, 2024).

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Ao analisar as três visões apresentadas no Quadro 1, a Visão III se destaca por sua busca por uma **AC transformadora**, que capacita os indivíduos a agir de forma crítica e responsável diante dos desafios contemporâneos (Silva; Sasseron, 2021; Valladares, 2021; Wang; Lavonen; Tirri, 2019). Essa visão propõe uma educação científica voltada para o desenvolvimento de cidadãos engajados, capazes de analisar criticamente as informações científicas, participar de debates públicos e contribuir para a construção de uma sociedade mais justa e sustentável (Sjöström, 2024; Sjöström *et al.*, 2017; Sjöström; Eilks, 2018; Wang; Lavonen; Tirri, 2019).

A Visão III apresenta-se como complexa e multifacetada, incorporando diferentes perspectivas e ênfases (Sjöström, 2024; Sjöström; Eilks, 2018). Segundo Sjöström (2024), as diferentes facetas dessa visão são baseadas em:

[...] amplos conhecimentos científicos, alfabetização fundamental e digital, bem como uma compreensão do mundo complexo a partir de perspectivas pluralistas, são elementos centrais. Essas perspectivas incluem interdisciplinaridade, abordagens críticas baseadas em história, filosofia e sociologia, interseccionalidade, visões de mundo indígenas e relacionalismo. Todos esses aspectos têm como objetivo preparar os cidadãos para uma ação "global", ou seja, para que estejam engajados e aptos para atuar tanto em escalas globais quanto locais. (Sjöström, 2024, p. 15, tradução nossa)

É importante ressaltar que a Visão III não substitui as visões anteriores, mas as complementa, ampliando o escopo da AC e incorporando novas dimensões e perspectivas (Silva; Sasseron, 2021; Valladares, 2021). Nesse contexto, Sjöström (2024) propõe subdivisões para as três visões: ênfase na estrutura da ciência (Visão IA), ênfase em habilidades científicas (Visão IB), ênfase na vida cotidiana (Visão IIA), ênfase na tomada de decisão (Visão IIB), ênfase ético-sóciopolítica (Visão IIIA) e ênfase relacional-existencial (Visão IIIB).

Por outro lado, Jones *et al.* (2024) apresentam uma proposta que, embora não se concentre explicitamente nas três visões da AC, baseia-se e expande as visões existentes para apresentar quatro perspectivas para a Alfabetização STEM. As visões de Jones *et al.* (2024) refletem compreensões da relação entre ciência, tecnologia e sociedade, bem como suas implicações para a educação STEM. Essas quatro visões propõem uma progressão em direção a uma Alfabetização STEM mais orientada para a ação e engajada socialmente. Nesse sentido, Jones *et al.* (2024) sugerem uma Visão IV, voltada para o socioecotivismo e o ativismo sociopolítico, fundamentada na Visão III de Sjöström e Eilks (2018). Entretanto, para

Sjöström (2024), a Visão IV proposta por Jones *et al.* (2024) pode ser incorporada como uma faceta de uma ampla conceitualização da Visão III e não uma nova visão da Alfabetização STEM. Assim, a terceira reflexão baseia-se no exposto anteriormente, considerando que Jones *et al.* (2024) propõem visões para o STEM a partir da AC. Nesse contexto, *como podem ser caracterizadas as visões da ACT?*

ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA COMO PRÁTICA SOCIAL

Para iniciar o debate sobre as visões da ACT, que não estão claras na literatura, propõe-se olhar para a “**ACT como uma Prática Social**”, caracterizada por Fourez (1997), em um contexto de consolidação de sua obra (Fourez, 2005), e que pode ser vista como complementar ao “Ensino de Ciências como Prática Social (ECPS)” (Silva *et al.*, 2022; Silva; Sasseron, 2021). Segundo Silva *et al.* (2022), o ECPS foca na imersão dos estudantes em atividades que oportunizam as práticas da comunidade científica, tais como a investigação, a argumentação e a modelagem (Silva; Sasseron, 2021). O objetivo principal é que os alunos compreendam como o conhecimento científico é construído, avaliado e legitimado. A construção do conhecimento é vista como um processo social, que se dá através das interações e colaborações entre os estudantes (Silva *et al.*, 2022; Silva; Sasseron, 2021). Já a ACT como Prática Social de Fourez tem um foco mais amplo nas implicações sociais, éticas e políticas da tecnociência. Em outras palavras, Fourez apresenta a ACT como uma ferramenta de capacitação prática no contexto social, enfatizando que ela deve ir além do ensino teórico, incorporando práticas sociais que integrem o conhecimento científico ao cotidiano. Para Fourez (1997; 2005), a ACT não é um fim em si mesma, mas uma prática social que transforma e capacita os indivíduos a agirem criticamente na sociedade. Com base no que foi apresentado, o texto procurará, adiante, propor uma convergência significativa entre a Visão III da AC e a obra de Gérard Fourez (2005). As ideias de Fourez (1997; 2005) antecipam alguns dos princípios-chave da Visão III, ao enfatizar uma abordagem socioconstrutivista e contextualizada para a educação científica, que vai além do conhecimento disciplinar tradicional.

Guerrero e Sjöström (2024) apontam que as origens da Visão III podem ser atribuídas a Aikenhead (2007) e Hodson (2003, 2008, 2011). Embora Hodson nunca tenha usado o termo “Visão III”, ele reconheceu o termo “alfabetização científica crítica” como uma abreviação para “alfabetização científica, tecnológica e ambiental crítica” e destacou um quarto elemento: o “engajamento em ação sociopolítica”. Se considerarmos as aproximações entre a Visão III da AC e a ACT de Fourez (2005), seria possível questionar se ele não antecipou essa visão ao defender a ideia de uma “ACT crítica”? Por exemplo, Fourez (2005, p. 33) afirma que: “[...] a ACT é mais do que o aprendizado de receitas ou mesmo de comportamentos inteligentes diante

de questões técnico-científicas: implica uma visão crítica e humanista [...]” (tradução nossa). Ele também destaca: “A ACT deve, portanto, dedicar-se a ensinar a diferença entre técnica, ética e política.” (Fourez, 2005, p. 76, tradução nossa). Nesse sentido, *Fourez poderia ser considerado um precursor da Visão III e/ou das visões da AC transpostas para a ACT, especialmente considerando sua obra publicada em 1994?*

A Visão I, como destacado por Sjöström e Eilks (2018), está enraizada no ensino de conteúdos científicos e na compreensão de processos em uma abordagem disciplinar tradicional. Este modelo, frequentemente criticado por Fourez (2005), prioriza conhecimentos teóricos descontextualizados e apresenta limitações na preparação dos indivíduos para lidar com problemas reais. Para Fourez (2005), a ACT deve ir além dessa abordagem, concentrando-se na capacidade do indivíduo de aplicar conhecimentos científicos e tecnológicos em contextos sociais, a fim de resolver problemas e participar de forma autônoma na sociedade (Lorenzetti, 2021). Assim, Fourez já antecipava uma crítica à Visão I e elementos da Visão II.

A Visão II, que enfatiza o uso do conhecimento científico em contextos cotidianos, aproxima-se da ideia de “formação cidadã” apresentada por Fourez (1997; 2005). Para ele, alcançar uma verdadeira ACT, especialmente no contexto escolar, requer uma abordagem interdisciplinar, capaz de integrar saberes de diferentes disciplinas em torno de problemas concretos e relevantes. Ele propõe modelos pedagógicos, como as “Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade”, que articulam ciência e tecnologia sem omitir seus conceitos fundamentais. Essa proposta visa “[...] fornecer novos conhecimentos a fim de contribuir para a emancipação de todos os cidadãos” (Fourez, 2005, p. 181, tradução nossa), destacando a importância de uma ACT escolar que combine conhecimentos práticos com um desenvolvimento crítico e transformador.

A Visão III, descrita por Sjöström e Eilks (2018) e Valladares (2021), expande a AC ao incluir dimensões éticas, políticas e culturais, alinhando-se à proposta de ACT como prática social apresentada por Fourez (1997; 2005). Ambas defendem a importância de uma educação científica que capacite os indivíduos a questionarem criticamente as implicações éticas e ideológicas da ciência e da tecnologia. Essa abordagem é fundamental para enfrentar os desafios de um mundo globalizado e tecnologicamente avançado, ao mesmo tempo em que promove a justiça social e a transformação das estruturas sociais (Sjöström, 2024).

A comparação entre as Visões I, II e III da AC destaca possíveis aproximações com as concepções de ACT propostas por Fourez (2005). Essa relação abrange desde a crítica à ênfase no conhecimento científico disciplinar (Visão I), passando pela valorização de fatores sociais e da ideia de ciência para todos (Visão II), até práticas sociais e éticas mais amplas (Visão III). A Visão III da AC converge com os objetivos gerais da ACT de

Fourez (2005), de natureza humanística, social e econômica. As dimensões críticas, políticas e culturais apresentadas por Fourez (2005) dialogam com a promoção de cidadania crítica, justiça social e transformação social, características fundamentais da Visão III da AC (Silva; Sasseron, 2021; Sjöström, 2024; Valladares, 2021).

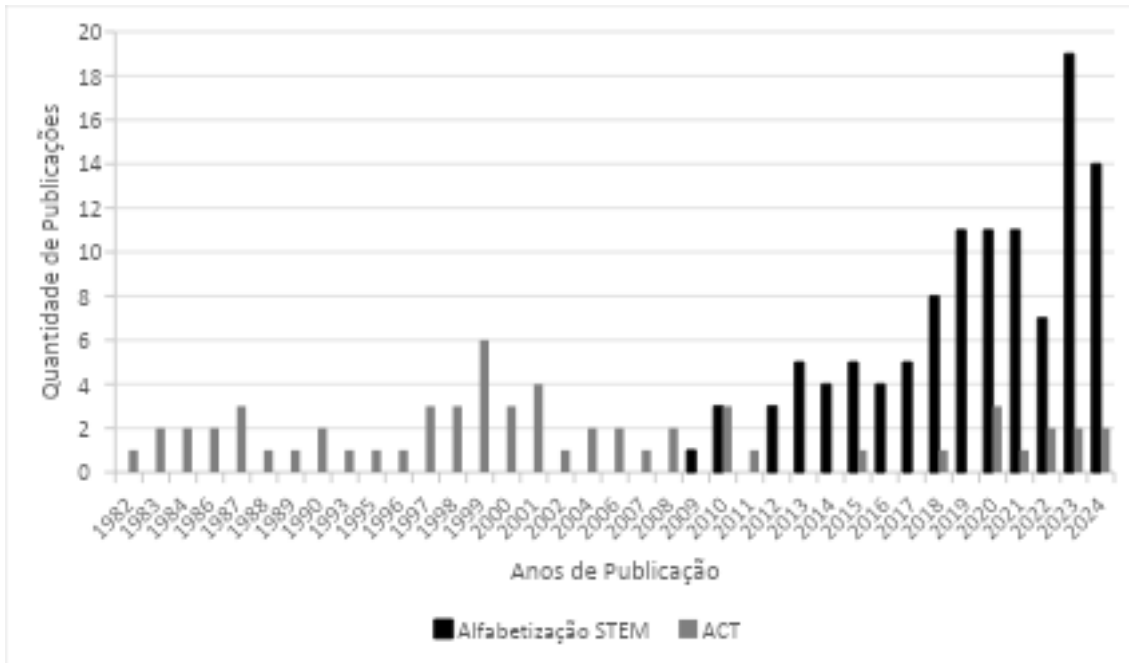
Assim, a obra de Fourez (2005) pode ser considerada precursora da Visão III da AC, ao propor uma ACT como prática social que transcende a mera aquisição de conhecimento, promovendo autonomia e participação cidadã em debates sociocientíficos. Tanto a Visão III quanto as ideias de Fourez reforçam uma perspectiva interdisciplinar, contextualizada e transformadora, permitindo que os indivíduos compreendam e atuem de maneira consciente e ética diante dos desafios contemporâneos.

APROXIMAÇÕES E DISTANCIAMENTOS ENTRE A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA E A ALFABETIZAÇÃO STEM: UMA ANÁLISE COMPLEXA

Ainda que as discussões sobre ACT, principalmente presentes na obra de Fourez (2005), não tenham recebido a devida atenção como contribuição para a Visão III da AC, ou que suas visões não tenham sido claramente identificadas, o que se percebe é que a Alfabetização STEM, em paralelo a essas discussões ao longo dos anos, ganhou maior relevância. Isso fica presente na literatura internacional e nos debates sobre a renovação dos currículos em diversos países (Anderson, 2020; Jones *et al.*, 2024; Lederman; Lederman, 2013). Diante desse contexto, uma quarta reflexão emerge: *a crescente popularidade da Alfabetização STEM sinaliza uma crise na ACT?* Responder a essa pergunta é uma tarefa complexa e requer uma análise cuidadosa. Não é possível tratá-la de forma exaustiva neste espaço, mas propõe-se duas hipóteses: a primeira refere-se ao comportamento da produção bibliográfica internacional sobre a ACT e a Alfabetização STEM; a segunda considera se a Alfabetização STEM está substituindo a ACT ou, alternativamente, reconfigurando-a e expandindo-a.

Com relação à primeira hipótese, foram realizadas duas buscas de estudos em língua inglesa no *Google Scholar*, utilizando os termos “*Scientific and Technologic Literacy*” e, separadamente, “*STEM Literacy*”. A primeira busca resultou em 4.000 obras, enquanto a segunda identificou 5.920. Posteriormente, foram considerados apenas os trabalhos publicados em periódicos, excluindo-se livros, capítulos de livros, anais de eventos, teses de doutorado e relatórios. Também foram incluídos apenas os estudos cujo foco principal fosse “*Scientific and Technologic Literacy*” ou “*STEM Literacy*”, conforme indicado em títulos, palavras-chave e resumos. Assim, foram obtidos 60 estudos relacionados à ACT (1981-2024) e 111 referentes à Alfabetização STEM (2009-2024).

Figura 1 – Comparativo entre a quantidade de publicações para a ACT e Alfabetização STEM



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

O gráfico (Fig. 1) ilustra a evolução do número de publicações científicas relacionadas à ACT e à Alfabetização STEM ao longo dos anos, destacando que o volume de publicações sobre STEM é significativamente superior ao da ACT, mesmo considerando um período menor. Nota-se que a Alfabetização STEM, a partir de 2009, ano da primeira publicação encontrada, apresenta um crescimento consistente, com aceleração após 2017, culminando em um pico de publicações em 2023. Em contraste, a ACT exibe uma trajetória mais estável, marcada por pequenas oscilações, com destaque para o final da década de 1990, mas sem apresentar crescimento expressivo ou acompanhar o ritmo acelerado das publicações sobre STEM. Ao se considerar a primeira hipótese, o gráfico (Fig. 1) evidencia um claro desequilíbrio entre os temas. Enquanto a Alfabetização STEM ganha destaque e cresce rapidamente no interesse acadêmico, a ACT permanece em segundo plano, apesar de sua reconhecida relevância.

Partindo da segunda hipótese, a relação entre a Alfabetização STEM e a ACT é multifacetada, com pontos de convergência e divergência. Para alguns autores (Anderson, 2020; Laherto, 2010), a ACT é reconhecida como um alicerce essencial para a Alfabetização STEM. Ela proporciona aos estudantes conhecimentos fundamentais sobre conceitos científicos e tecnológicos, métodos de investigação e as interações entre ciência, tecnologia e sociedade (Anderson, 2020; Aragón, 2020; Holbrook; Rannikmae, 2007; Laherto, 2010; Nagele *et al.*, 2024). Tanto a educação STEM quanto a ACT reconhecem a importância de aplicar o conhecimento em situações da vida real (Aragón, 2020; Bybee, 2013; Tang; Williams, 2019).

No entanto, a Alfabetização STEM dá uma ênfase significativa à criatividade, ao *design thinking*, à colaboração, à experimentação e ao pensamento computacional aplicado à engenharia e tecnologia, além de incentivar os estudantes a desenvolver soluções inovadoras para problemas do mundo real (Nagele *et al.*, 2024; Su; Chang, 2024). Por outro lado, essa ênfase no pensamento computacional e na engenharia não é amplamente reconhecida como um componente central da ACT (Anderson, 2020; Bybee, 2013). Pelo contrário, a ACT direciona sua atenção para a NdT, dando importância aos aspectos históricos, culturais, filosóficos e sociais relacionados ao desenvolvimento tecnológico (Richetti; Niezwida, 2023). Além disso, a Alfabetização STEM promove explicitamente o desenvolvimento de habilidades essenciais para o século XXI, como pensamento crítico, resolução de problemas, comunicação, colaboração e criatividade (Bybee, 2013; Su; Chang, 2024). Embora essas habilidades sejam igualmente valorizadas pela ACT, são geralmente consideradas como complementares à base de conhecimentos e atitudes tradicionalmente associadas ao conceito de “alfabetização” (Holbrook; Rannikmae, 2007; Laherto, 2010; Roberts; Bybee, 2014).

Guerrero e Sjöström (2024) e McComas e Burgin (2020) apresentam uma crítica à Alfabetização e Educação STEM, destacando uma associação frequente entre STEM e uma base utilitária, muitas vezes alinhada a perspectivas neoliberais e instrumentalistas voltadas ao crescimento econômico global e à produtividade. Em outras palavras, a ênfase na educação STEM pode ser interpretada como uma estratégia para preparar trabalhadores capazes de atender às demandas do mercado globalizado, sem necessariamente considerar outras dimensões essenciais da ACT, como a formação cidadã crítica e o desenvolvimento humano integral.

Não se pode afirmar, de forma definitiva, que a Alfabetização STEM está substituindo a ACT, nem que está apenas reconfigurando-a ou expandindo-a. A relação entre a Alfabetização STEM e a ACT é dinâmica e está em constante evolução, exigindo atenção às nuances e às diversas interpretações desses conceitos. É fundamental buscar uma compreensão mais profunda e contextualizada de suas convergências e divergências.

Diante desse cenário, este texto propõe sua última questão para reflexão: *como fortalecer a ACT como uma alternativa à Alfabetização STEM, garantindo sua relevância como ferramenta para a promoção de mudanças sociais significativas e evitando que ela enfrente uma possível crise?*

UMA ALTERNATIVA EM OPOSIÇÃO À EDUCAÇÃO STEM: A ACT ESCOLAR COMO TRANSFORMAÇÃO E UMA PRÁTICA SOCIAL

Ao buscar fortalecer a ACT, Bocheco (2011), ao reorganizar as categorias de AC originalmente propostas por Shen (1975), apresenta novas

categorias para a AT. Nesse contexto, Fernandes, Fernandes e Santos (2024) reorganizaram as dimensões de AC e AT, baseando-se nas categorias propostas por Bocheco (2011) e nas ideias de Lorenzetti (2021). Esses autores introduzem a transformação social como a quarta dimensão para a ACT escolar como uma Prática Social, considerando a comunidade escolar como atores sociais (Fig. 2). Essa dimensão busca uma maior aproximação com a Visão III da AC (Sjöström, 2024; Sjöström; Eilks, 2018; Valladares, 2021), ampliando o escopo da ACT para incluir uma perspectiva mais crítica e transformadora.

Figura 2. As dimensões para ACT escolar

Visões da AC	Dimensões para a ACT (escolar)	Caracterização para o contexto de sala de aula
Visão I	Visão 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.
Visão II	Visão 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.
	Visão 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.
Visão III	Visão 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.

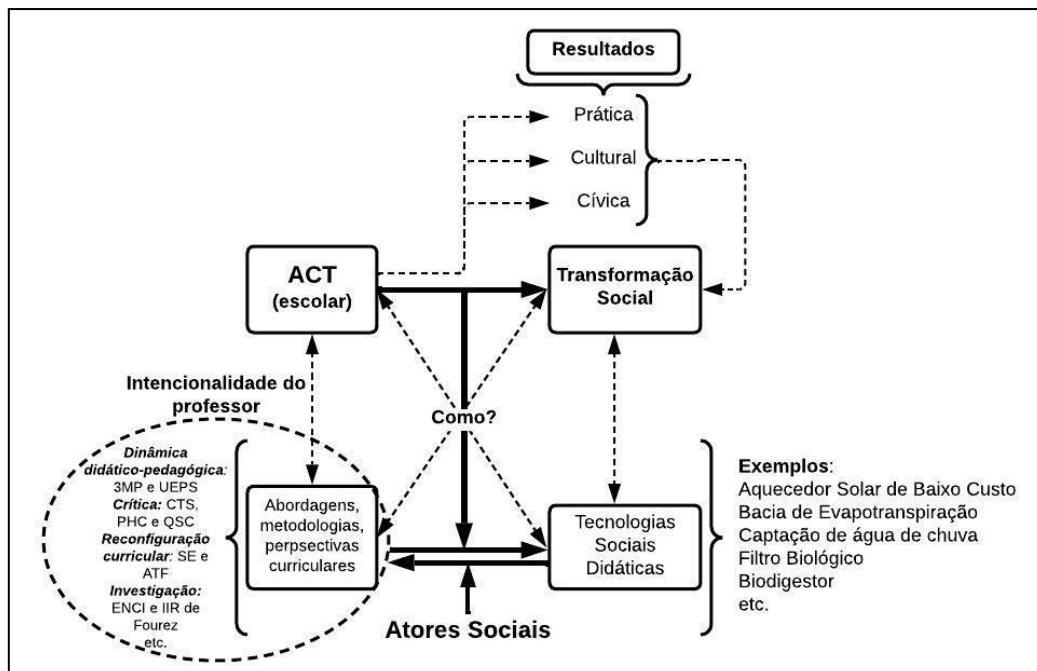
Fonte: adaptado de Fernandes, Fernandes e Santos (2024, p. 6).

De acordo com Fernandes, Fernandes e Santos (2024), a Figura 2 apresenta um entendimento inicial, evidenciado nos argumentos (escritos

ou falados) dos estudantes, sobre algumas dimensões da ACT escolar. Essa proposta contraria a ideia de que as discussões dos estudantes se limitam a abordar isoladamente dimensões da AC ou da AT, ignorando a articulação sugerida pela ACT. O modelo proposto na Figura 2 indica que a dimensão da ACT como transformação social pode emergir nos argumentos escritos ou falados dos estudantes antes, após ou simultaneamente com as dimensões prática, cívica e cultural da ACT. Além disso, demonstra a capacidade de envolver os estudantes em questões sociais, políticas e éticas relacionadas à ciência e à tecnologia. A dimensão de transformação social destaca a importância da ação sociopolítica e da conscientização dos estudantes sobre as implicações mais amplas da ciência e da tecnologia na sociedade.

Visando a ACT como um objetivo a ser alcançado, com início no ambiente escolar, conforme sugerem Fourez (1997), Milaré e Richetti (2021) e Lorenzetti (2021), e buscando mobilizar suas dimensões, como uma Prática Social, especialmente a transformação social no contexto da sala de aula, Fernandes, Fernandes e Santos (2024) apresentam um esquema ou modelo teórico-metodológico (Fig. 3). Este modelo orienta o desenvolvimento de uma ACT escolar como uma Prática Social, voltada para a transformação social dos estudantes, constituindo-se como uma alternativa social às tendências neoliberais frequentemente associadas à Alfabetização STEM.

Figura 3. Modelo teórico-metodológico para o desenvolvimento de uma ACT como transformação social



Fonte: Fernandes, Fernandes e Santos (2024, p. 11).

O modelo apresentado na Figura 3 descreve como desenvolver a ACT escolar de maneira a permitir que os estudantes alcancem a transformação social como resultado. As dimensões prática, cívica e cultural da ACT convergem para viabilizar essa transformação social. Para isso, é necessário que o professor seja guiado por uma **intencionalidade pedagógica**, utilizando abordagens, metodologias, reconfigurações curriculares e outras estratégias em diferentes perspectivas, além de estabelecer parcerias com diversos atores sociais, sejam eles locais ou não locais. De acordo com Archanjo Junior e Gehlen (2021), os atores sociais locais incluem membros da comunidade escolar, moradores, líderes comunitários e representantes de órgãos públicos. Já os atores não locais englobam a relação universidade-escola, especialistas e pesquisadores com conhecimentos específicos (Fourez, 1997, 2005).

Nesse sentido, Fernandes, Fernandes e Santos (2024) concebem a ACT escolar como um processo transformador, direcionado a formar um estudante enquanto ator social alfabetizado científica e tecnologicamente, capaz de compreender e atuar em atividades sociais, políticas e econômicas, promovendo mudanças significativas em sua realidade.

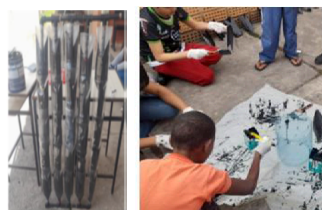
Fernandes, Fernandes e Santos (2024) baseiam-se no conceito de Tecnologias Sociais (TS), entendendo-as como construções sociais que podem gerar impactos positivos, contribuir ou oferecer soluções para problemas sociais em uma comunidade específica e para seus atores sociais. As TS podem incluir técnicas, programas e procedimentos voltados para enfrentar dificuldades sociais, especialmente em contextos de comunidades carentes. No âmbito educacional, Fernandes, Fernandes e Santos (2024) posicionam as Tecnologias Sociais no contexto da sala de aula como **Tecnologias Sociais Didáticas (TSD)**, diferenciando-as das Tecnologias Sociais Comunitárias (TSC). Inicialmente, o conceito de TSD é compreendido como um modelo social didático, fundamentado em protótipos pedagógicos que permitem aos estudantes planejar, esquematizar, estudar conceitos, desenvolver projetos e refletir sobre os aspectos sociais da ciência e da tecnologia. Ao final, busca-se que os estudantes contribuam para a transformação do entorno em que vivem. Esse processo é iniciado na escola e envolve a mobilização de outros sujeitos e atores sociais para a criação de TS em suas comunidades.

Nesse sentido, destaca-se que as TSD não devem ser confundidas com pedagogia de projetos, recursos experimentais ou com os protótipos da Educação ou Alfabetização STEM (Anderson, 2020). No contexto educacional, a integração de temáticas sociais associadas ao estudo e desenvolvimento de TSD pode complementar uma perspectiva curricular multi, pluri ou interdisciplinar, abrangendo objetos do conhecimento de áreas como Ciências, Biologia, Geografia, História, Matemática, Física, Química, Sociologia, entre outras.

Para exemplificar a mobilização das dimensões da ACT escolar e a ACT como uma Prática Social, especialmente no que se refere às possibilidades de transformação social, são apresentados dois exemplos que aplicaram o modelo teórico-metodológico da Figura 3, desenvolvido pelos membros do GEPAMEC, como uma proposta alternativa ao modelo de Alfabetização STEM. O primeiro exemplo é o trabalho de Fernandes *et al.* (2024) resumido no Quadro 2.

Quadro 2 - Caracterização do desenvolvimento da ACT escolar baseado no Aquecedor Solar de Baixo Custo


Elementos do modelo teórico-metodológico		Descrição
Intencionalidade pedagógica do professor	<i>Perspectiva curricular:</i> Situação de Estudo <i>Organização do conteúdo:</i> Unidade de Ensino Potencialmente Significa (UEPS)	<p>O estudo analisou o impacto de uma atividade multidisciplinar denominada “Situação de Estudo Potencialmente Significativa” (SEPS) no desenvolvimento do conhecimento científico escolar. A atividade abordou o tema “Matéria e Energia: a compreensão de um Aquecedor Solar de Baixo Custo” e avaliou a argumentação dos estudantes durante as aulas de Ciências.</p> <p>Os resultados indicaram que a SEPS contribuiu para a mobilização de algumas dimensões da ACT. A dimensão ACT Prática foi evidente devido à natureza da atividade, enquanto a ACT Cívica foi estimulada pela inclusão de Questões Sociocientíficas (QSC). Contudo, a dimensão ACT Transformação Social não foi evidenciada, o que pode ser atribuído à ausência de discussões mais críticas conduzidas pelo professor ao longo da atividade.</p>
Atores sociais	<i>Comunidade escolar:</i> professor de Ciências e estudantes de uma turma do 7º ano do Ensino Fundamental II de escola urbana. <i>Universidade:</i> membros do GEPAMEC e Programa Residência Pedagógica	
TSD	Aquecedor Solar de Baixo Custo (ASBC)	
Dimensões da ACT mobilizadas	ACT Prática ACT Cívica	



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

O segundo exemplo é o trabalho de Fernandes, Fernandes e Santos (2025) que propõe uma reflexão sobre o desenvolvimento da ACT como Prática Social, no contexto escolar, a partir da implementação de uma TSD, conforme caracterizada no Quadro 3.

Quadro 3 - Caracterização do desenvolvimento da ACT escolar baseado na TSD do biodigestor

Elementos do modelo teórico-metodológico		Descrição
Intencionalidade pedagógica do professor	<i>Perspectiva curricular:</i> Situação de Estudo <i>Organização do conteúdo:</i> Sequência Didática	O estudo analisou como as dimensões da ACT escolar são mobilizadas por estudantes do 8º ano do Ensino Fundamental II, considerando a estrutura e a qualidade dos argumentos elaborados e apresentados durante a exposição de uma TSD à comunidade rural e local, no contexto de uma Feira de Ciências. Os resultados apontaram uma evolução significativa na estrutura e na qualidade dos argumentos apresentados, com destaque para um entendimento mais aprofundado (dimensão ACT Prática) e uma maior interação social (dimensões ACT Cívica e Transformação Social) entre o conteúdo científico e tecnológico e sua aplicação na comunidade local.
Atores sociais	<i>Comunidade escolar:</i> professor de Ciências e estudantes de uma turma do 8º ano do Ensino Fundamental II de uma escola rural. <i>Comunidade local:</i> membros da comunidade <i>Universidade:</i> membros do GEPAMEC	
TSD	Mini Biodigestor	
Dimensões da ACT mobilizadas	ACT Prática ACT Cívica ACT Transformação Social	
		

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Em contraposição à abordagem predominante na Alfabetização STEM, que frequentemente enfatiza o desenvolvimento de habilidades técnico-científicas, esses dois exemplos promovem uma reflexão sobre possíveis elementos de integração e transformação social. A Visão III da ACT destaca o papel da ciência e da tecnologia como instrumentos de transformação de contextos sociais e culturais, alinhando-se à proposta de aproximar o conhecimento científico das necessidades comunitárias,

aspecto central no modelo de Fernandes, Fernandes e Santos (2024). Esses dois exemplos evidenciam como a ACT como Prática Social e as dimensões da ACT, apresentadas na Figura 2, podem servir como uma alternativa mais ampla e socialmente engajada em relação à Alfabetização STEM, contribuindo para uma formação educacional que integra ciência, tecnologia e sociedade de maneira mais contextualizada e transformadora.

CONCLUSÃO

A reflexão apresentada neste ensaio enfatiza a relevância de ressignificar a ACT tanto de maneira global (ACT para todos) quanto no contexto pedagógico (ACT escolar), especialmente diante da ascensão de abordagens como STEM e suas variantes. Argumenta-se que, embora o modelo STEM tenha adquirido maior relevância acadêmica e política nas últimas décadas, sobretudo na literatura internacional, a ACT oferece uma perspectiva mais crítica e humanística, essencial para a formação de cidadãos capazes de interagir de forma ética, reflexiva e transformadora com as demandas sociocientíficas e sociotécnicas contemporâneas.

O resgate das diferentes visões da AC e a tentativa de aproximá-las da ACT, com ênfase especial na prática e transformação social, destacam o potencial desse modelo em promover uma educação integradora e interdisciplinar. Essa abordagem conecta saberes escolares às realidades vividas pelos estudantes, mobilizando conceitos científicos e tecnológicos para o enfrentamento de problemas sociais. Dessa forma, a ACT como Prática Social também demonstra seu valor como ferramenta pedagógica, não apenas para a construção do conhecimento, mas também para fomentar a participação cidadã e a emancipação social.

Por fim, reforça-se a necessidade de ampliar o debate acerca das interfaces entre a ACT e STEM, especialmente no Brasil, de modo a evitar abordagens reducionistas e tecnicistas. A “ACT como Prática Social” (Fourez, 1997) (ver exemplos Quadro 2 e 3) constitui uma alternativa robusta para garantir que a educação científica e tecnológica transcenda os interesses mercadológicos e neoliberais, reafirmando seu compromisso com a justiça social, a sustentabilidade e a formação de sujeitos críticos e transformadores.

AGRADECIMENTOS

Este texto foi desenvolvido no Grupo de Estudos e Pesquisas em Abordagens e Metodologias de Ensino de Ciências (GEPAMEC), em parceria com o Instituto de Educação da Universidade de Lisboa. O autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa PDE, processo nº 201083/2024-8.

REFERÊNCIAS

AIKENHEAD, G. Expanding the research agenda for scientific literacy. *In*: LINDER, C.; ÖSTMAN, L.; WICKMAN, P. (ed.). **Promoting Scientific Literacy: Science Education Research in Transaction**. Uppsala: Geotryckeriet, 2007. p. 64–71.

ANDERSON, J. The STEM education phenomenon and its impact on school curriculum. **Curriculum Perspectives**, [s. l.], v. 40, n. 2, p. 217–223, 2020.

ARAGÓN, L. Assessment of the Perceptions of Pre-service Teachers towards Practical Work in the Context of Scientific-technological Literacy. **HighTech and Innovation Journal**, [s. l.], v. 1, n. 3, p. 121–128, 2020.

BENCZE, J. L.; BOWEN, G. M. A National Science Fair: Exhibiting Support for the Knowledge Economy. **International Journal of Science Education**, [s. l.], v. 31, n. 18, p. 2459–2483, 2009.

BOCHECO, O. **Parâmetros para a abordagem de evento no Enfoque CTS**. 2011. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2011.

BYBEE, R. W. **Achieving Scientific Literacy: From Purposes to Practices**. 1st edition. Portsmouth, NH: Heinemann, 1997.

BYBEE, R. W. Advancing STEM Education: A 2020 Vision. **Technology and Engineering Teacher**, [s. l.], v. 70, n. 1, p. 30–35, 2010.

BYBEE, R. W. Scientific Literacy, Environmental Issues, and PISA 2006: The 2008 Paul F-Brandwein Lecture. **Journal of Science Education and Technology**, [s. l.], v. 17, n. 6, p. 566–585, 2008.

BYBEE, R. W. **The case for STEM Education: challenges and opportunities**. [S. l.]: National Science Teachers Association, 2013.

BYBEE, R.; MCCRAE, B. Scientific Literacy and Student Attitudes: Perspectives from PISA 2006 science. **International Journal of Science Education**, [s. l.], v. 33, n. 1, p. 7–26, 2011.

COVERDALE, G. A. Soda lakes, flamingoes, and scientific literacy: student explorations of the great rift valley. **Journal of Information Technology for Teacher Education**, [s. l.], v. 6, n. 3, p. 303–321, 1997.

DE VRIES, M. Teaching for Scientific and Technological Literacy: An International Comparison. *In*: PFENNING, U.; RENN, O. (org.). **Wissenschafts-und Technikbildung auf dem Prüfstand**. Baden-Baden: Nomos Verlag, 2012. p. 93–110.

DEBOER, G. E. Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. **Journal of Research in Science Teaching**, [s. l.], v. 37, n. 6, p. 582–601, 2000.

DORI, Y. J.; TAL, R. T.; TSAUSHU, M. Teaching biotechnology through case studies—can we improve higher order thinking skills of nonscience majors?. **Science Education**, [s. l.], v. 87, n. 6, p. 767–793, 2003.

EKICI, F. T.; AYDOĞDU, M. Perceptions of Prospective Science Teachers about Science and Technology Concepts and Scientific-Technological Literacy. **International Research in Education**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 169–185, 2014.

FERNANDES, G. W. R. *et al.* Unidade de Ensino Potencialmente Significativa integrada a uma Situação de Estudo: avaliando o conhecimento científico de estudantes da educação básica a partir de uma Tecnologia Social. **Investigação em Ensino de Ciências**, [s. l.], v. 29, n. 2, p. 231–259, 2024.

FERNANDES, G. W. R.; FERNANDES, I. H.; SANTOS, D. L. 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**, [s. l.], v. 26, p. 1–23, 2024.

FERNANDES, I. H.; FERNANDES, G. R.; SANTOS, D. L. 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**, [s. l.], v. 254, p. 1–25, 2025.

FOUREZ, G. **Alfabetización Científica y Tecnológica: Acerca de las Finalidades de la Enseñanza de las Ciencias**. Buenos Aires: Ediciones Colihue, 2005.

FOUREZ, G. Crise no Ensino de Ciências?. **Investigações em Ensino de Ciências**, [s. l.], v. 8, n. 2, p. 109–123, 2003.

FOUREZ, G. Scientific and Technological Literacy as a Social Practice. **Social Studies of Science**, [s. l.], v. 27, n. 6, p. 903–936, 1997.

GUERRERO, G.; SJÖSTRÖM, J. Critical scientific and environmental literacies: a systematic and critical review. **Studies in Science Education**, [s. l.], v. 18, p. 1–47, 2024.

HODSON, D. **Looking to the Future: Building a Curriculum for Social Activism**. Rotterdam: Brill Academic Pub, 2011.

HODSON, D. Time for action: Science education for an alternative future. **International Journal of Science Education**, [s. l.], v. 25, n. 6, p. 645–670, 2003.

HODSON, D. **Towards Scientific Literacy: A Teachers' Guide to the History, Philosophy and Sociology of Science**. Münster: Brill Academic Pub, 2008.

HOLBROOK, J.; RANNIKMAE, M. Creating Exemplary Teaching Materials To Enhance Scientific and Technological Literacy. **Science Education International**, [s. l.], v. 7, n. 4, p. 3–7, 1996.

HOLBROOK, J.; RANNIKMAE, M. The Nature of Science Education for Enhancing Scientific Literacy. **International Journal of Science Education**, [s. l.], v. 29, n. 11, p. 1347-1362, 2007.

HURD, P. D. Science Literacy: Its Meaning for American Schools. **Educational Leadership**, [s. l.], v. 16, n. 13-16, 1958.

HURD, P. D. Scientific literacy: New minds for a changing world. **Science Education**, [s. l.], v. 82, n. 3, p. 407-416, 1998.

JANE, B. L. Australian studies: A vehicle for scientific and technological literacy?. **Research in Science Education**, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 152-160, 1990.

JONES, M. *et al.* Learning contexts and visions for STEM in schools. **International Journal of Science Education**, [s. l.], v. 0, n. 0, p. 1-21, 2024.

KUHN, T. S. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. 12. ed. São Paulo: Perspectiva, 2014.

LAHERTO, A. An analysis of the educational significance of nanoscience and nanotechnology in scientific and technological literacy. **Science Education International**, [s. l.], v. 21, n. 3, p. 160-175, 2010.

LAUGKSCH, R. C. Scientific literacy: A conceptual overview. **Science Education**, [s. l.], v. 84, n. 1, p. 71-94, 2000.

LEDERMAN, N. G.; LEDERMAN, J. S. Is it STEM or “S & M” that We Truly Love? **Journal of Science Teacher Education**, [s. l.], v. 24, n. 8, p. 1237-1240, 2013.

LORENZETTI, L. A Alfabetização Científica e Tecnológica: pressupostos, promoção e avaliação na Educação em Ciências. *In*: MILARÉ, T. *et al.* (org.). **Alfabetização Científica e Tecnológica na Educação em Ciências: Fundamentos e Práticas**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2021. p. 48-72.

MCCOMAS, W. F.; BURGIN, S. R. A Critique of “STEM” Education. **Science & Education**, [s. l.], v. 29, n. 4, p. 805-829, 2020.

MILARÉ, T. *et al.* **Alfabetização científica e tecnológica na educação em ciências: Fundamentos e práticas**. São Paulo, SP: Editora Livraria da Física, 2021.

MILARÉ, T.; RICHETTI, G. P. História e compreensões da Alfabetização Científica e Tecnológica. *In*: MILARÉ, T. *et al.* (org.). **Alfabetização Científica e Tecnológica na Educação em Ciências: Fundamentos e Práticas**. São Paulo: Livraria da Física, 2021. p. 19-45.

NAGELE, F. *et al.* Investigating trees as an interdisciplinary phenomenon in climate regulation: an intervention study on iSTEM education and scientific literacy in secondary schools. **International Journal of Science Education**, [s. l.], v. 0, n. 0, p. 1-19, 2024.

PARKINSON, E. Scientific & Technological Literacy through TechnoScience2000+: An Approach for In-Service and Preservice Training. **Journal of Technology Studies**, [s. l.], v. 29, n. 1, p. 26–33, 2003.

PRANATA, R. S.; SYAHRIL; MEGAHATI S., R. R. P. Stem Education in Science Learning: Systematic Literature Review. **Jurnal Penelitian Pendidikan IPA**, [s. l.], v. 9, n. 8, p. 424–431, 2023.

RICHETTI, G. P.; NIEZWIDA, N. R. A. Alfabetização Científica e Tecnológica e a caixa preta da dimensão Tecnológica. In: FERNANDES, G. W. R.; ALLAIN, L. R. (org.). **Proposições Epistemológicas, Curriculares e Metodológicas de Grupos de Estudo e Pesquisa em Ensino de Ciências: caminhos para a educação básica e o ensino superior**. São Paulo: Livraria da Física, 2023. p. 25–40.

ROBERTS, D. A. Scientific literacy/science literacy. In: ABELL, S. K.; LEDERMAN, N. G. (ed.). **Handbook of Research on Science Education**. [S. l.]: Lawrence Erlbaum, 2007. p. 729–780.

ROBERTS, D. A.; BYBEE, R. W. Scientific Literacy, Science Literacy, and Science Education. In: LEDERMAN, N. G.; ABELL, S. K. (ed.). **Handbook of Research on Science Education**. [S. l.]: Routledge, 2014. p. 545–558.

RUDOLPH, J. L. Scientific literacy: Its real origin story and functional role in American education. **Journal of Research in Science Teaching**, [s. l.], v. 61, n. 3, p. 519–532, 2024.

SHEN, B. S. P. Science Literacy: Public understanding of science is becoming vitally needed in developing and industrialized countries alike. **American Scientist**, [s. l.], v. 63, n. 3, p. 265–268, 1975.

SILVA, F. C. *et al.* Ensino de Ciências como Prática Social: relações entre as normas sociais e os domínios do conhecimento. **Investigações em Ensino de Ciências**, [s. l.], v. 27, n. 1, p. 39–51, 2022.

SILVA, M. B. E.; SASSERON, L. H. Alfabetização Científica e Domínios do Conhecimento Científico: proposições para uma perspectiva formativa comprometida com a Transformação Social. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, [s. l.], v. 23, n. e34674, p. 1–20, 2021.

SJÖSTRÖM, J. *et al.* Use of the concept of Bildung in the international science education literature, its potential, and implications for teaching and learning. **Studies in Science Education**, [s. l.], v. 53, n. 2, p. 165–192, 2017.

SJÖSTRÖM, J. 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**, [s. l.], p. 1–36, 2024.

SJÖSTRÖM, J.; EILKS, I. Reconsidering Different Visions of Scientific Literacy and Science Education Based on the Concept of Bildung. In: DORI, Y. J.; MEVARECH, Z. R.; BAKER, D. R. (org.). **Cognition, Metacognition, and Culture in STEM Education**:

Learning, Teaching and Assessment. Cham: Springer International Publishing, 2018. p. 65–88.

SU, W.-S.; CHANG, C.-Y. An Integrative Review with Word Cloud Analysis of STEM Education. **Journal of Science Education and Technology**, [s. l.], v. Published online, p. 1–14, 2024.

TAN, M. Nurturing scientific and technological literacy through environmental education. **Journal of International Cooperation in Education**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 115–131, 2004.

TANG, K.-S.; WILLIAMS, P. J. STEM Literacy or Literacies? Examining the Empirical Basis of These Constructs. **Review of Education**, [s. l.], v. 7, n. 3, p. 675–697, 2019.

UNESCO. **Project 2000+. International Forum on Scientific and Technological Literacy for All (Paris, France, July 5-10, 1993). Final Report.** Paris (France): United Nations Educational, 1993.

VAINO, K.; HOLBROOK, J.; RANNIKMÄE, M. A Case Study Examining Change in Teacher Beliefs Through Collaborative Action Research. **International Journal of Science Education**, [s. l.], v. 35, n. 1, p. 1–30, 2013.

VALLADARES, L. Scientific Literacy and Social Transformation: Critical Perspectives About Science Participation and Emancipation. **Science & Education**, [s. l.], v. 30, n. 3, p. 557–587, 2021.

WANG, Y.; LAVONEN, J.; TIRRI, K. An assessment of how scientific literacy-related aims are actualised in the National Primary Science curricula in China and Finland. **International Journal of Science Education**, [s. l.], v. 41, n. 11, p. 1435–1456, 2019.

Recebido em: 10 de dezembro de 2024.

Aceito em: 21 de janeiro de 2025.