

Relações entre alfabetização científica, democracia e cidadania: contribuições para o debate⁺*

Leandro da Silva Barcellos¹

Geide Rosa Coelho

Universidade Federal do Espírito Santo

Vitória – Espírito Santo

Resumo

Neste artigo teórico, problematizamos as relações entre alfabetização científica (AC), democracia e cidadania. À luz do pensamento dialético, utilizamos as categorias de totalidade e historicidade para analisar concepções de AC em seus respectivos contextos socio-históricos, retornando de modo qualitativamente superior ao concreto, evidenciando contradições relacionadas à alienação da dimensão política da AC — contradições que, defendemos, devem ser superadas por meio do processo de negação, preservação e superação da AC em relação ao seu caráter político imanente.

Palavras-chave: *Alfabetização Científica; Democracia; Cidadania; Ensino de Ciências.*

Abstract

This theoretical article examines the relationships between scientific literacy (SL), democracy, and citizenship. Drawing on dialectical thought, we employ the categories of totality and historicity to analyze conceptions of SL within their respective socio-historical contexts. We return to the concrete in a qualitatively enhanced manner, revealing contradictions associated with the alienation of SL's political dimension. We argue that such contradictions must be addressed through a dialectical process of

⁺ Relationship between scientific literacy, democracy and citizenship: contributions to the debate

* Recebido: 2 de maio de 2024.

Aceito: 25 de julho de 2025.

¹ E-mails: leandrobarcellos5@gmail.com; geidecoelho@gmail.com

negation, preservation, and sublation, thereby reclaiming SL's immanent political character.

Keywords: Scientific Literacy; Democracy; Citizenship; Science Education.

I. Introdução

A alfabetização científica (AC) é um tema amplamente discutido na literatura nacional e internacional (Laugksch, 2000; Sasseron; Carvalho, 2011; Valadares, 2021; Barcellos; Coelho; Kauno; Marandino, 2022). Segundo Valadares (2021), nos últimos 20 anos, em grande parte por influência das teorias críticas, publicações sobre AC têm abordado ideais de democracia e cidadania sob a perspectiva da preparação para a tomada de decisões nas esferas individual e pública, de maneira socialmente responsável. Esse movimento possui grande relevância em sociedades regidas pelo sufrágio universal e é visto como uma forma de afastar ideias autoritárias e tecnocráticas. Contudo, há críticas à superficialidade com que conceitos como democracia e cidadania são associados à AC (Reis; Oliveira, 2014; Pinhão; Martins, 2016; Autores, 2022a; Rosa; Lima; Cavalcanti, 2023; Carnio, 2024).

Embora existam críticas à superficialidade da relação entre AC, democracia e cidadania, poucos trabalhos analisam essa questão a partir de uma perspectiva dialética e histórica. Diante dessa problemática, realizamos um estudo teórico, entendido por Martins e Lavoura (2018) como aquele que envolve a seleção de um corpus a ser estudado e analisado, com vistas à delimitação de um problema, acompanhado de justificativa e hipótese. Para tanto, debruçamo-nos sobre importantes textos que mapeiam a história da AC, como Shamos (1995), Laugksch (2000) e Sasseron e Carvalho (2011), com o objetivo de problematizar as relações entre alfabetização científica, democracia e cidadania. Defendemos que essas três categorias devem ser pensadas dialeticamente, de modo a evidenciar as contradições a serem superadas, considerando as demandas da pessoa alfabetizada cientificamente no Brasil.

A dialética é indispensável para a compreensão de fenômenos nos quais o ser humano é, simultaneamente, investigador e parte do problema investigado (Pinto, 2020c). De acordo com Adorno (2022, p. 116), o processo dialético refere-se “às partes, ou seja, aos momentos particulares, e ao todo, o conceito, que deve modificar-se continuamente segundo critérios advindos da experiência do particular”. Todavia, “[...] não há receita de como isso pode se realizar efetivamente, mas a essência da dialética é precisamente não ser uma receita, e sim a tentativa de permitir que a verdade se designe a si mesma”.

Optamos por empregar as categorias dialéticas da historicidade e da totalidade para refletir sobre o movimento de transformação e desenvolvimento das interconexões entre AC, democracia e cidadania, nos respectivos contextos sócio-históricos em que foram forjadas, evidenciando as contradições que, conforme Adorno (2022), impulsionam a superação dos fenômenos.

No que diz respeito à totalidade, ressaltamos que não pretendemos esgotar as interconexões entre AC, democracia e cidadania, tampouco nos comprometer com a compreensão de uma totalidade abstrata ou metafísica, que se pretenda capaz de conhecer tudo. Partimos do princípio de que:

O momento particular não é uma parcela de uma totalidade mecânica que pode ser composta a partir de tais parcelas. Cada momento tem em si a possibilidade de desenvolver, a partir de si, toda a riqueza do conteúdo da totalidade, de modo que dentro de uma totalidade dialética, os momentos particulares carregam em si a estrutura da totalidade (Ataide, 2020, p. 22).

A totalidade pode assumir o status de metodologia auxiliar no desvelamento de uma parcela da realidade mediada. É com base nessa compreensão que realizamos os movimentos analítico e sintético, de ida e volta, na investigação de uma realidade determinada (Ataide, 2020). A categoria da historicidade mostra-se essencial para a compreensão das relações complexas que se estabelecem nos sucessivos momentos fixados pela história, pois, ao existir, o ser humano historiciza a duração cronológica da realidade (Pinto, 2020c).

Nesse sentido, analisamos a história da AC buscando estabelecer interconexões com as ideias de democracia e cidadania coetâneas; em seguida, retornamos a esse concreto de modo qualitativamente superior, numa totalidade mais rica em múltiplas determinações e relações, a qual nos permite compreender as contradições internas ao curso desse processo. Álvaro Vieira Pinto aponta que:

[...] a dialética interpreta o processo da realidade vendo nele uma sucessão de fenômenos cada um dos quais só existe enquanto contradição com as condições anteriores, só surge por negação da realidade que o engendra, e se revelará produtivo de novos efeitos objetivos (Pinto, 2020c, p. 192).

A posição de contradições e suas sucessivas resoluções conduz a um estado seguinte, que abriga novas contradições, reiniciando esse movimento infinito (Pinto, 2020c).

Portanto, este artigo não se propõe a revisar como os conceitos de democracia e cidadania aparecem nas produções sobre AC. Ao longo das seções II, III, IV e V, realizamos um resgate da história da AC, com destaque para a produção e o contexto estadunidense, uma vez que, tradicionalmente, a educação científica brasileira é influenciada pelas tendências do Norte Global, especialmente pelos Estados Unidos (Krasilchik, 2000). Assim, construímos uma base para, na seção VI, refletir sobre uma totalidade: o movimento de transformação e desenvolvimento das interconexões entre AC, democracia e cidadania, evidenciando contradições que, nas Considerações Finais, buscamos superar, almejando elevar a AC a outro nível.

II. A busca por um entendimento público da Ciência

Para Shamos (1995), a trajetória da alfabetização científica (AC) começa com a defesa de um entendimento público da Ciência, anterior à própria cunhagem do termo *scientific literacy*. Diversos nomes europeus históricos endossaram esse movimento. Francis Bacon (1561–1626), por exemplo, defendia o ensino de Ciências às massas, argumentando que o verdadeiro propósito da Ciência era “melhorar a sorte do homem”, afastando-o dos acasos da natureza.

No século XVIII, eram comuns as demonstrações públicas de experimentos científicos em áreas como Botânica, Geologia e Astronomia, embora restritas às elites, por serem pagas. Napoleão Bonaparte foi entusiasta da Ciência: fundou a *École Polytechnique* em 1793 e, por meio das Reformas Napoleônicas, inseriu definitivamente as Ciências no currículo escolar básico. Ele via na Ciência uma utilidade prática, especialmente militar e econômica, incentivando seu ensino entre soldados e atraindo jovens à carreira militar. Essa perspectiva utilitarista influenciou outros líderes europeus no século XIX, impulsionando a inclusão das Ciências nos currículos escolares.

Parte do interesse público pela Ciência nesse período foi impulsionado pelo filósofo inglês Herbert Spencer (1820-1893), cuja obra difundiu a necessidade de ensinar Ciências às massas. Seu pensamento insere-se no contexto da criação da escola pública e da definição de seus conteúdos. Lucas e Machado (2002), dialogando com Leonel (1994), destacam que a industrialização forçou países europeus a instituírem escolas estatais, laicas e obrigatórias. Na França, por exemplo, as tensões entre burguesia e classe operária exigiram a criação de um sistema educacional que unisse as classes sociais, formando cidadãos aptos a exercer o voto universal e a desenvolver valores como a solidariedade. A educação científica se inseria nesse projeto.

Em alguns países, os Sistemas Nacionais de Educação emergiram com o objetivo de formar mão de obra qualificada para expandir os mercados, sob um viés patriótico e moralizador (Galiani; Machado, 2004). Spencer alinhava-se a essa visão utilitarista, valorizando o conhecimento científico acima dos demais e rejeitando métodos clássicos de ensino. Para ele, a educação científica prepararia o indivíduo para a competição social, analogamente à seleção natural. Cunhou a expressão “sobrevivência do mais apto” e articulou essa ideia a seus ideais liberais: os mais aptos, formados cientificamente, venceriam no mercado.

Apesar de não ter usado o termo “darwinismo social”, Spencer é frequentemente associado a ele. Defendia a escola privada, alegando que a obrigatoriedade do ensino público sustentaria estudantes “inerentemente inaptos” para competir. Para ele, o ensino de Ciências deveria preparar o indivíduo para ajustar-se às exigências do mundo, espelhando-se no funcionamento da natureza (Lucas; Machado, 2002). Enquanto muitos países caminhavam rumo à educação pública, Spencer mantinha-se contrário, temendo a perda de privilégios da

elite britânica, o que exigiria uma reestruturação educacional para preservar seus interesses (Shamos, 1995).

Outro traço marcante de seu pensamento é a oposição à influência da religião na Educação. Agnóstico, defendia o conhecimento baseado na razão, o foco no conteúdo e no método de ensino, com vistas ao máximo desenvolvimento das faculdades mentais. Um ensino eficaz, para ele, deveria ser prático, moralizante e capaz de preservar a ordem social (Lucas; Machado, 2002).

O biólogo Thomas Huxley compartilhava diversas dessas ideias, afirmando que apenas a educação liberal garantiria a verdadeira cultura. As ideias de Spencer influenciaram os Estados Unidos, um dos berços da AC, contribuindo para uma ruptura moderada com o ensino clássico. Essa influência é relevante, pois a Educação em Ciências no Brasil foi e continua sendo fortemente impactada por modelos estadunidenses.

Constata-se, portanto, que a defesa por um entendimento público da Ciência evoluiu para uma oferta às massas, à medida que o capitalismo exigia saberes científicos formais. Simultaneamente, o ensino escolar foi incorporado ao discurso de democratização do conhecimento, essencial para formar cidadãos “soberanos”, dotados de responsabilidade ética e social — mesmo que o ideal competitivo individualista continuasse amplamente difundido.

III. Alfabetização científica no contexto estadunidense

Nos Estados Unidos, os movimentos voltados ao entendimento público da Ciência surgiram após a inclusão do ensino de Ciências nos currículos da Educação Básica e Superior. À época, predominava uma concepção pragmática e utilitarista de Ciência, alinhada aos interesses do desenvolvimento agroindustrial e da consolidação dos EUA como potência econômica. Entre os séculos XVIII e XIX, a Educação era vista como instrumento de sustentação da ideologia capitalista. Para Benjamin Franklin e outros intelectuais, a Ciência deveria contribuir tanto para a produtividade no trabalho quanto para a compreensão racional da existência de Deus. Nas palavras de Horace Mann, um dos principais porta-vozes da implantação de um Sistema Nacional nos EUA, na metade do século XIX:

Mas se a educação for distribuída equitativamente, arrastará consigo a propriedade, mediante a mais forte atração; porquanto até hoje ainda não se viu que um grupo qualquer de homens inteligentes e práticos ficasse permanentemente pobre. Propriedade e trabalho, em classes diferentes, são essencialmente antagônicos; mas propriedade e trabalho, na mesma classe, são essencialmente fraternais (Mann, 1963, p. 106, citado em Galiani; Machado, 2004, p. 126).

No final do século XIX, os EUA vivenciaram um forte desenvolvimento industrial impulsionado pela exploração colonial na América Latina, deslocando gradualmente o centro do capitalismo da Europa para a América do Norte. Apesar da persistência das desigualdades econômicas, a nação era marcada por um sentimento de força e realização após a guerra de

1812 e pelo fortalecimento da democracia política. A unidade nacional, assegurada pelos princípios da Declaração de Independência (1776), favoreceu o florescimento da Ciência, diferentemente do que se observava em alguns países europeus (Galiani; Machado, 2004).

A crise de 1873 foi superada com altos investimentos em siderurgia, e, após a Guerra Civil (encerrada em 1865), os estados do Norte expandiram suas influências econômicas e culturais. Nesse contexto, houve uma expressiva ampliação de universidades, agências de fomento à Ciência e propostas de criação de um departamento nacional da área. A educação científica, antes marcada pelo viés utilitário de Benjamin Franklin, passou por transformações significativas, refletindo o crescimento da própria Ciência, que ganhava autonomia e se distanciava das aplicações práticas imediatas (Shamos, 1995).

Nos anos de 1880, a maior mudança filosófica se deu com o declínio da influência religiosa e o enfraquecimento do utilitarismo no ensino de Ciências. O *Committee on the Function of Science in General Education* (1938) enfatizava uma formação intelectual baseada em observação, pensamento e atividades laboratoriais, com foco em habilidades abstratas e preparação para o ensino superior. A Ciência já podia ser praticada com fins puramente teóricos.

No fim do século XIX e início do XX, a corrida imperialista por mercados levou a disputas armamentistas que culminaram na Primeira Guerra Mundial (1914–1918). A guerra impulsionou a economia dos EUA, grandes fornecedores dos Aliados. Em contraste, a Europa pós-guerra enfrentava devastação econômica, redefinição de colônias e crescimento de regimes como o fascismo, nazismo e o socialismo soviético (Galiani; Machado, 2004).

Enquanto isso, os EUA seguiam um modelo liberal, alinhado ao *laissez-faire*. A indústria avançava com o sistema fordista e a organização da General Motors, o que aumentou a produtividade, mas também o desemprego estrutural. A ruptura moderada com o ensino clássico, influenciada por Herbert Spencer, consolidou a presença das Ciências nos currículos escolares. Ainda assim, até o século XX, poucos estudantes ultrapassavam o nível elementar, e a escolarização era restrita, apesar do crescimento científico (Shamos, 1995).

Nesse período, prevalecia a crença na “mágica” da técnica e nas ideias de Jean Baptiste Say (1767-1832), que defendia que a oferta criava sua própria demanda. A abundância de produtos e salários mais baixos incentivavam o consumo e, consequentemente, a produção. No entanto, na prática, o modelo se mostrou insustentável: com o aumento do desemprego e a queda do consumo interno e das exportações, a crise se agravou. O ritmo industrial se manteve, sustentado por métodos fordistas e tayloristas, mascarando os sinais da crise que culminaria na Quebra da Bolsa de Nova Iorque, em 1929 (Galiani; Machado, 2004).

A crise dividiu os liberais: alguns rejeitavam a intervenção estatal, enquanto outros, como John Dewey (1859–1952), defendiam a participação social na distribuição da riqueza. Dewey, liberal convicto, via na Educação um meio de preservar a democracia e evitar rupturas sociais profundas. Para ele, a política deveria estar subordinada à Ciência, e a Educação, baseada no método científico, formaria cidadãos críticos, autônomos e participativos, capazes de promover uma distribuição mais justa dos bens sociais (Batista, 2009).

As ideias de Dewey se alinhavam ao contexto pós-1929, em que a crise do capitalismo alimentava greves e revoltas operárias. A promessa de igualdade propagada pelo voto universal mascarava as desigualdades sociais e a concentração de oportunidades, em um cenário em que os regimes totalitários cresciam em várias partes do mundo (Galiani; Machado, 2004).

Ao formar indivíduos conscientes de suas responsabilidades sociais e orientados pelo conhecimento científico, a escola contribuiria gradualmente para a transformação da sociedade. O sistema educacional deveria ampliar oportunidades e reduzir desigualdades sociais, promovendo a participação coletiva no plano político, econômico e social (Galiani; Machado, 2004).

Para concretizar essa proposta, a escola funcionaria como uma "sociedade em miniatura", estimulando a tomada de decisões democráticas baseadas no conhecimento científico adquirido via investigação (*inquiry*) pelo método científico. Assim, desenvolver-se-iam os "hábitos científicos da mente", conforme defendido por Dewey, que propunha um ensino centrado na vida e na atividade, unindo teoria e prática, com o aluno como protagonista da própria aprendizagem (Zômpero; Laburú, 2011). Esses hábitos seriam cultivados por meio de etapas como definição de problemas, proposição de soluções, desenvolvimento, testes experimentais e conclusões — base do que se reconhece hoje como Ensino por Investigaçāo.

A obra de Dewey também sustenta, segundo alguns autores, os fundamentos da alfabetização científica (AC), por afirmar que todos se beneficiariam do ensino de Ciências, desde que este não se restringisse à formação de futuros cientistas. Seus "hábitos científicos da mente" foram considerados precursores de indicadores de AC na vida adulta. Em 1930, John Miller iniciou o estudo sistemático da AC ao buscar definir e avaliar esses hábitos (Shamos, 1995). A primeira tentativa concreta nesse sentido foi feita por Davis (1935), da Universidade de Wisconsin, que identificou como atitudes científicas: (i) abertura à mudança frente a novas evidências; (ii) busca da verdade sem preconceitos; (iii) compreensão da relação causa-efeito; (iv) julgamento baseado em fatos; (v) distinção entre fatos e teorias.

Shamos (1995) identifica essa fase inicial da AC como uma "gestão de ideias", marcada pelo esforço de definir e avaliar a alfabetização científica. Entretanto, as iniciativas da Universidade de Wisconsin esbarraram na ausência de consenso e de parâmetros claros sobre o conceito.

A obra de Dewey também explicitou as relações entre AC, democracia e cidadania. Para ele, a democracia é um modo de vida pautado pelo compartilhamento de experiências, cooperação e participação ativa na construção da sociedade. Não se restringe a processos eleitorais, mas exige o cultivo de valores como solidariedade, tolerância e responsabilidade social. A escola, nesse contexto, deveria ser um espaço de convivência igualitária, tomada de decisões coletivas e desenvolvimento de hábitos democráticos. A cidadania, por sua vez, requer formação contínua, hábitos participativos e uma inteligência social voltada ao bem comum. Dewey propôs um "individualismo democrático", em que a liberdade só se realiza plenamente quando o indivíduo se reconhece parte de associações sociais (Van Der Ploeg, 2020).

Apesar do prestígio das ideias de Dewey na área da Educação em Ciências, elas nunca foram amplamente implementadas. Shamos (1995) destaca que muitos educadores reconheciam a importância de estimular o pensamento científico, mas não sabiam como operacionalizá-lo. Além disso, críticas apontam certo idealismo nas concepções de democracia como “modo de vida”, por não considerarem as limitações impostas por estruturas de poder, desigualdades e conflitos entre liberdade individual e bem comum (Cabral, 2017; Dalbosco; Mendonça, 2020). Isso distancia suas ideias das realidades dos países subdesenvolvidos.

A Grande Depressão exigiu novas abordagens econômicas. As ideias de John Maynard Keynes sobre intervenção estatal na economia, alinhadas ao pensamento de Dewey, influenciaram a formulação do New Deal por Franklin Roosevelt (1933-1945). O plano promoveu reorganização econômica, estímulo ao emprego e melhoria das condições de vida, sem romper com os princípios do capitalismo. Foi, no entanto, a Segunda Guerra Mundial que reativou a economia estadunidense, consolidando sua liderança global (Galiani; Machado, 2004).

A década de 1940 marcou um hiato na Educação em Ciências, seguido de um crescimento industrial impulsionado pela paz pós-guerra. O uso da energia nuclear evidenciou o poder científico-tecnológico e consolidou a ideia de que a Ciência poderia promover o bem social (Bazzo; Von Linsingen; Pereira, 2003). Formou-se então um “contrato social” que associava o progresso científico-tecnológico ao bem-estar coletivo. A Ciência, até então entendida como neutra, passou a ser considerada um instrumento estatal estratégico (Bazzo, 1998).

Esse modelo justificou grandes investimentos em pesquisa científica e a promoção de carreiras em Ciências e Engenharia. Para os que não seguiam essa via, a educação científica deveria fomentar uma cidadania ativa e crítica, sintonizada com as ideias de Dewey, em prol de uma democracia liberal (Shamos, 1995).

Durante a Guerra Fria, a educação científica ganhou importância estratégica. A disputa com a URSS exigia constante desenvolvimento tecno-científico, sustentado por uma população que compreendesse a importância dessa corrida. Assim, a formação científica era vista como garantia da segurança nacional e da coesão ideológica em torno do modelo democrático (BATISTA, 2009). Nesse contexto, foram criados programas curriculares orientados ao desenvolvimento do método científico e de atitudes científicas nos estudantes. A partir de 1954, a *National Science Foundation* (NSF) passou a financiar iniciativas educacionais, como o programa *Physical Science Study Committee* (PSSC), que mais tarde seria difundido no Brasil (Shamos, 1995).

Em 4 de outubro de 1957, um evento transformou a educação científica nos EUA: o lançamento do Sputnik pela URSS. Esse marco na corrida espacial abalou as convicções estadunidenses sobre a eficácia do modelo desenvolvimentista vigente (Bazzo; Von Linsingen; Pereira, 2003). As críticas mais severas recaíram sobre o ensino voltado à formação de cientistas, considerado obsoleto, impulsionando reformas curriculares e investimentos na

educação científica, caracterizados pelo forte apelo experimental e a preparação de futuros pesquisadores.

O temor de que a URSS superasse os EUA em conquistas tecno-científicas levou o Congresso a ampliar significativamente o financiamento do NSF, fortalecendo sua autoridade e capacidade de investimento. Em 1958, o National Defense Education Act (NDEA) viabilizou reformas na infraestrutura escolar e na aquisição de material didático para aprimorar o ensino de Ciências. Segundo Shamos (1995), ao longo das duas décadas seguintes, os recursos destinados a essas reformas superaram os investimentos na construção de bombas nucleares cinco anos antes. Surgiu, então, o período conhecido como “sopa de letrinhas dos programas”, devido à proliferação de iniciativas com diferentes siglas.

A educação em Ciências e Matemática passou a identificar e recrutar alunos com maior aptidão para carreiras científicas e de engenharia. Paralelamente, intensificou-se o esforço para ampliar o entendimento público das Ciências, com o objetivo de fortalecer o apoio popular a investimentos e medidas governamentais, especialmente aqueles voltados à Ciência bélica. As universidades passaram a exigir conhecimentos científicos nos processos seletivos e a oferecer disciplinas obrigatórias em diversas áreas. O movimento de AC consolidou-se nos anos 1950, fortemente influenciado pelo contexto da Guerra Fria e pela necessidade de promover um entendimento público da Ciência (Shamos, 1995).

Nesse cenário, a AC afastou-se dos ideais de Dewey, sendo direcionada pelos interesses da corrida espacial e da disputa pelo protagonismo científico-tecnológico global. A cidadania reduziu-se a uma participação pública pouco criteriosa, induzida ao apoio governamental como expressão da democracia. Os processos de AC priorizaram o aprendizado de conceitos científicos e o desenvolvimento de competências técnicas, aprofundadas para futuros cientistas e mais gerais para aqueles que seriam preparados para respaldar decisões governamentais. Essa abordagem pragmática facilitou a mensuração da AC e consolidou seu caráter instrumental.

IV. As primeiras tentativas de mensurar a AC nos EUA

Laugksch (2000), fundamentado em Roberts (1983), destaca que muitos pesquisadores iniciaram estudos sobre AC sem esclarecer adequadamente as definições utilizadas, resultando em múltiplas interpretações do movimento e ampliando a diversidade de conceituações. Roberts (1983) exemplificou essa questão ao citar Gabel (1976), que desenvolveu um modelo teórico de AC com base em um extenso conjunto de conceituações presentes na literatura. O estudo revelou tamanha variedade de interpretações que o conceito de AC acabou abrangendo quase tudo que se discutia em educação científica. Essa multiplicidade de definições continuou a crescer entre o final da década de 1970 e o início dos anos 1980.

Apesar da ausência de consenso conceitual, a AC ganhava relevância entre cientistas e educadores. Atribui-se a Paul Hurd a criação do termo *scientific literacy*, publicado em 1958 em *Science Literacy: Its Meaning for American Schools*, um ano após o lançamento do Sputnik.

Pella, O’Hearn e Gale (1966), por meio de uma revisão bibliográfica de 100 artigos publicados entre 1946 e 1964, identificaram características essenciais de uma pessoa cientificamente alfabetizada: compreender a natureza da Ciência, a ética científica, conceitos fundamentais, a distinção entre Ciência e tecnologia e as relações entre Ciência e sociedade.

Apesar do otimismo quanto ao impacto das reformas, os resultados foram aquém do esperado. Segundo Shamos (1995), esse período marca a segunda fase da história da AC, em que as tentativas de implementação foram concretizadas, mas sem melhorias significativas na compreensão pública de temas como guerra nuclear, câncer, poluição e questões ambientais.

Snow (1962), citado em Laugksch (2000), argumenta que as divergências na concepção de AC foram intensificadas pela separação entre intelectuais e cientistas, representada por “duas culturas” distintas. Showalter (1974), ao revisar pesquisas sobre AC ao longo de 15 anos, identificou sete dimensões do conceito, destacando aspectos como aplicação de conhecimentos científicos, uso do raciocínio científico na tomada de decisões, valores compatíveis com a Ciência, compreensão das relações entre Ciência, tecnologia e sociedade, uma visão ampliada do Universo e habilidades técnicas associadas ao conhecimento científico.

Shen (1975) propôs três categorias para a AC: prática, que envolve conhecimentos aplicáveis à saúde e alimentação; cívica, voltada ao exercício da cidadania e participação em decisões sobre Ciência, tecnologia e sociedade; e cultural, relacionada à valorização da Ciência como um dos maiores construtos da humanidade. A AC cívica se alinhava à necessidade de definir os conhecimentos essenciais para a manutenção de processos democráticos em uma sociedade tecnológica, enquanto a dimensão cultural tendia a ser restrita a uma elite acadêmica e intelectual.

A crise do petróleo na década de 1970 provocou recessão econômica e cortes nos investimentos em Educação, afetando as reformas curriculares e a AC (Batista, 2009). Os recursos do NSF foram significativamente reduzidos, influenciados por questionamentos sobre a eficácia dos programas implementados (Shamos, 1995). Esse hiato financeiro persistiu até meados dos anos 1980, quando o financiamento foi retomado (Galiani; Machado, 2004).

Em 1981, ao assumir a presidência, Ronald Reagan anunciou a intenção de desmantelar o NSF. Cientistas e educadores reagiram alegando uma suposta crise na educação científica, fundamentada em relatórios que apontavam baixos índices de AC, déficit na formação de professores e desinteresse dos estudantes por carreiras científicas. Shamos (1995) sugere que essa mobilização foi uma estratégia política para evitar cortes no financiamento. A pressão pública levou ao restabelecimento dos investimentos, encerrando a suposta crise sem que os problemas identificados fossem resolvidos.

Outras interpretações sobre a crise educacional dos anos 1980 incluem Bloch (1986), citado em Laugksch (2000), que atribui a conjuntura à ascensão econômica de Japão, Coreia do Sul, Taiwan e Cingapura. Com esses países competindo globalmente, sobretudo na indústria, a formação tecno-científica passou a ser vista como essencial para o desenvolvimento. A queda

na produção científica dos EUA, comparada a outras potências, gerou maior interesse pela AC, consolidando sua relevância até os dias atuais.

Shamos (1995) considera que a terceira fase da AC corresponde às políticas e ações implementadas a partir de 1980, as quais continuam em vigor. Branscomb (1981, p. 5, tradução nossa) investigou estudos sobre AC na América Latina e propôs a seguinte definição: “a capacidade de ler, escrever e compreender o conhecimento humano sistematizado”. A autora também identificou oito categorias de AC: (i) metodológica, (ii) profissional, (iii) universal, (iv) tecnológica, (v) amadora, (vi) jornalística, (vii) políticas científicas e (viii) política pública sobre ciência, cada qual vinculada a um contexto específico.

Em 1983, o periódico *Journal of the American Academy of Arts and Sciences* dedicou uma edição especial à discussão sobre AC e os desafios da educação científica nos EUA. No mesmo ano, Miller (1983) publicou uma revisão conceitual sobre AC, influenciando diversos autores ao propor um modelo de mensuração dos níveis de AC na população adulta dos EUA. Esse trabalho foi impulsionado pela publicação de Gabel (1976), que destacava a multiplicidade de interpretações do termo AC. O modelo multidimensional e delimitado de Miller (1983) contribuiu significativamente para a consolidação do conceito de AC (Laugksch, 2000).

Miller (1983) definiu três dimensões para a AC em sociedades científicas e tecnológicas: compreensão das normas e métodos da Ciência; domínio dos principais termos e conceitos científicos; e conhecimento do impacto da Ciência e tecnologia na sociedade. O autor enfatizou que, em uma sociedade democrática, o nível de alfabetização científica da população influencia decisões políticas relacionadas à Ciência. As concepções de Shen (1975) e Miller (1983) possivelmente inspiraram pesquisadores a estruturar a AC em três dimensões, eixos ou perspectivas.

Arons (1983) expandiu a abordagem de Miller (1983), propondo 12 atributos para a AC, com ênfase em habilidades intelectuais, como: reconhecer conceitos científicos como construções humanas; diferenciar observação de inferência; e elaborar e testar hipóteses. Sua interpretação relaciona a AC à capacidade de utilizar corretamente o conhecimento e o raciocínio científico na resolução de problemas e na tomada de decisões em contextos pessoais, cívicos e profissionais (Laugksch, 2000).

Em 1985, a *American Association for the Advancement of Science* (AAAS) lançou o *Project 2061*, uma reforma trifásica da Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia para fortalecer a AC na população. A iniciativa sustenta que não é necessário ampliar o conteúdo curricular, mas aprimorar sua abordagem, alinhando-se às recomendações da *Science for All Americans* (SFAA).

A primeira fase estabeleceu uma base conceitual, identificando habilidades e atitudes essenciais à escolarização. A segunda fase envolveu cientistas e educadores na formulação de modelos curriculares adaptáveis a diferentes instituições, além de iniciativas para formação docente, desenvolvimento de materiais educativos e organização escolar. A terceira fase busca

mobilizar ações coletivas ao longo de uma década ou mais para concretizar os objetivos das fases anteriores (AAAS, 1995).

O projeto define que um sujeito cientificamente alfabetizado deve: compreender o mundo natural; dominar conceitos e princípios científicos, bem como a relação entre Ciência, Matemática e Tecnologia; e aplicar o pensamento científico em contextos individuais e sociais (AAAS, 1995).

As discussões sobre educação científica nos EUA têm sido fortemente influenciadas pela interpretação de AC da SFAA, cujos principais argumentos envolvem: (i) autorrealização, preparando os indivíduos para conduzir suas vidas com responsabilidade; e (ii) necessidades socioeconômicas, vinculando o futuro do país à educação científica da população (Fourez, 1989).

Hazen e Trefil (1991) diferenciaram *fazer* e *usar* Ciência: o primeiro restringe-se aos cientistas, enquanto o segundo está relacionado à AC. Segundo Laugksch (2000), essa definição baseia-se no conceito de *cultural literacy*, proposto por Hirsch (1987), que sustenta que a comunicação eficaz exige familiaridade com o tema e linguagem por todos os envolvidos. A AC, nesse sentido, refere-se ao conhecimento necessário para a interação entre especialistas e público. Hirsch, Kett e Trefil (1988) listaram cinco mil termos e frases essenciais à AC, enquanto Brennan (1992) catalogou 650 tópicos científicos, visando estabelecer um arcabouço mínimo para a formação em Ciências.

Wynne (1992) explorou a AC em uma perspectiva social, argumentando que os cidadãos não são meros consumidores de Ciência, mas usuários de um conhecimento que deve ser contextualizado. O modo como a população percebe e emprega o conhecimento científico está diretamente ligado à sua compreensão dos conteúdos, métodos, organização e controle da Ciência em determinado contexto.

Durante a corrida presidencial de 1988, George H. W. Bush propôs o plano *America 2000*, prometendo que, até o ano 2000, os estudantes dos EUA seriam líderes mundiais em Ciências e Matemática, e toda a população seria alfabetizada e capacitada para competir no mercado e exercer sua cidadania. Em 1994, o presidente Bill Clinton sancionou o *Goals 2000*, programa de incentivos financeiros para estados comprometidos com reformas educacionais. Posteriormente, o governo de George W. Bush implementou o *No Child Left Behind*, e a administração de Barack Obama lançou o *Race to the Top* (Shamos, 1995).

V. Balanço das ações e novas ideias

Shamos (1995) realizou uma análise crítica dos movimentos de AC nos EUA, destacando a ampla abrangência e a multiplicidade de definições como desafios urgentes do campo. O autor considera a AC uma utopia, tal como tem sido trabalhada, e propõe sua substituição por uma abordagem próxima à “conscientização científica” ou “apreciação científica”. Essa alternativa privilegiaria o conhecimento necessário para que o público reconheça a Ciência como um construto humano, compreendendo suas normas, práticas e

vocabulário, além de escolher, em um modelo de "tribunal científico", quais especialistas seguir. Assim, haveria um viés democrático, ainda que se admitisse que certos temas exigem expertise específica. A proposta de Shamos (1995) distingue-se por destacar a lacuna entre cientistas e não cientistas, resultante do nível de especialização da Ciência.

No entanto, tal concepção suscita um viés elitista, ao pressupor que o conhecimento científico se restringe aos especialistas, cabendo à população apenas acatá-los. Shamos (1995) alerta para essa questão ao citar Aldous Huxley, que afirmou em *Admirável Mundo Novo* que uma sociedade governada por especialistas e ignorantes seria uma sociedade escravizada. Paralelamente, o autor argumenta que, em diversos temas, nem os especialistas possuem consenso, levantando a questão de como um cidadão não-cientista poderia se posicionar diante dessas divergências. Ao recorrer a Nicolau Maquiavel, em *O Príncipe*, Shamos reforça que “a sabedoria de um homem se revela na capacidade de distinguir perigos e optar pelo menor deles”.

Roberts (1983) afirma que a AC se tornou um conceito abrangente, incorporado como propósito no ensino de Ciências e em discursos políticos sobre educação. Segundo Laugksch (2000), entre as diversas definições existentes, AC costuma ser tratada como sinônimo de compreensão pública da Ciência. Sasseron e Carvalho (2011) apontam que, independentemente da terminologia utilizada, essas discussões convergem para um objetivo comum: promover ações que ampliem o domínio e a aplicação do conhecimento científico para gerar benefícios à humanidade, à sociedade e ao meio ambiente.

Um exame mais criterioso, contudo, revela que essa aparente convergência oculta diferenças conceituais, que refletem os interesses dos grupos envolvidos e seus públicos-alvo. Assim, distintas definições e formas de avaliação da AC são formuladas, estabelecendo critérios variados para determinar o que caracteriza um sujeito cientificamente alfabetizado. Em uma revisão sobre o conceito de *scientific literacy*, Laugksch (2000) identificou quatro grandes grupos de interesse na promoção da AC: (i) **Educadores em Ciências**: voltados à formação de estudantes da educação básica. O grupo se preocupa com a relação entre AC e os objetivos educacionais, abordando questões como formação docente, currículo, métodos e recursos pedagógicos, além das competências que um indivíduo cientificamente alfabetizado deve demonstrar; (ii) **Cientistas sociais**: interessados na participação e apoio público às políticas de Ciência e tecnologia. Trabalham com percepções, atitudes e fontes de informação da população sobre esses temas, tendo os adultos como público-alvo; (iii) **Sociólogos da Ciência e educadores**: adotam uma abordagem sociológica da AC, analisando a construção da autoridade científica e investigando como a população interpreta e negocia o conhecimento científico no cotidiano, com foco nos adultos; e (iv) **Pesquisadores de educação não formal e informal**: estudam o desenvolvimento da AC em espaços como museus e zoológicos, destinando-se a toda a população.

A delimitação desses grupos auxilia na compreensão das múltiplas definições e interpretações de AC formuladas desde os anos 1950. Laugksch (2000) sugere que o termo AC se assemelha a palavras como "liberdade" e "felicidade", cujo significado é amplamente

desejável, mas varia conforme quem as conceitua e o contexto em que são utilizadas. Essa flexibilidade gera debates contínuos, embora existam características comuns.

Díaz, Alonso e Mas (2003) tratam a AC como um processo contínuo, articulado às condições socioculturais dos indivíduos. Isso impossibilita a formulação de um modelo universal para definir ou aplicar a AC em aulas de Ciências, uma vez que objetivos específicos variam conforme o contexto sociocultural. Laugksch (2000) reforça que aceitar a AC como um construto social implica reconhecer diferentes conceitos e parâmetros situados local e temporalmente, conforme o contexto socioeconômico, cultural e histórico de cada nação, estado ou comunidade.

O **Quadro 1** sintetiza as concepções de AC catalogadas, revelando que as propostas refletem os interesses do contexto socio-histórico em que foram formuladas. Algumas convergências emergem da defesa do aprendizado da linguagem, leis, princípios e natureza da Ciência como base para permitir que os indivíduos desenvolvam raciocínio científico, tomem decisões socialmente responsáveis e aprimorem habilidades intelectuais. Esses elementos são inerentes à Ciência, ainda que o ensino, por vezes, se limite a conteúdos conceituais. Eles podem ser desenvolvidos em diversas abordagens educacionais, mesmo em níveis distintos, incluindo aquelas aparentemente distantes do movimento de AC.

Tabela 1 – Síntese dos entendimentos sobre AC.

Autor(es)	Características da AC e/ou da pessoa alfabetizada cientificamente
Dewey (década de 1930)	Investigação e resolução de problemas sociais por meio do método científico; formação de cidadãos críticos, participativos, autônomos e cada vez menos dependentes do Estado; desenvolvimento dos hábitos científicos da mente.
Davis (1935)	Pessoa alfabetizada: mostra-se disposta a mudar de opinião diante de novas evidências; buscará toda a verdade sem preconceitos; possui o conceito de ‘relação de causa e efeito’; mantém o hábito de julgar baseado em fatos; consegue distinguir um fato de uma teoria.
Pella; O’Hearn; Gale (1966)	Pessoa alfabetizada deve: conhecer a natureza da Ciência; saber sobre a ética da Ciência, conceitos básicos e diferenciar Ciência e tecnologia; e entender as relações entre Ciência e sociedade.
Showalter (1974)	Pessoa alfabetizada deve: entender a natureza do conhecimento científico e saber aplicar conceitos, leis e princípios apropriadamente; usar o raciocínio científico para solucionar problemas e tomar decisões; ter atitudes compatíveis com os valores defendidos pela Ciência; compreender e apreciar as relações entre Ciência, tecnologia e sociedade; ter desenvolvido uma concepção mais rica, satisfatória e empolgante do Universo a partir de sua contínua educação científica; e ter inúmeras habilidades de manipulação associadas à Ciência e tecnologia.

Shen (1975)	AC trifásica: prática, cívica e cultural.
Branscomb (1981)	AC corresponde a capacidade de ler, escrever e entender o conhecimento humano sistematizado.
Arons (1983)	Pessoa alfabetizada deve: reconhecer os conceitos científicos como construtos humanos; compreender a diferença entre observação e inferência; conseguir elaborar e testar hipóteses; mobilizar esses saberes para solucionar problemas e tomar decisões nos âmbitos pessoal, cívico e profissional.
Miller (1983)	AC trifacetada: compreensão das normas e métodos; dos principais termos e conceitos; e do impacto da Ciência e da Tecnologia na sociedade; comprometido com decisões políticas.
Hirsch (1987)	Cultural literacy: apego a linguagem necessária para a comunicação com cientistas e especialistas.
Hirsch; Kett; Trefil (1988)	Foco nos termos e frases que integrariam as discussões que todo alfabetizado deveria poder participar.
Hazen; Trefil (1991)	Conhecimento necessário para entender as questões públicas relativas à Ciência, o que envolve um conjunto de fatos, vocabulário, conceitos, história e filosofia.
Brennan (1992)	Ênfase nos termos e conceitos básicos que todos deveriam compreender.
Wynne (1992)	Percepção e utilização do público sobre o conteúdo, os métodos e processos da Ciência, as formas de organização e controle do conhecimento científico.
Shamos (1995)	Aquisição de normas, práticas e vocabulário da Ciência para a comunicação com cientistas visando a tomada de decisão.
AAAS (1995)	Familiaridade com o mundo natural; compreensão dos principais conceitos e princípios da Ciência; inter-relação entre Ciência, Tecnologia, Matemática e sociedade; capacidade de pensar cientificamente.
UNESCO (Ayala, 1996)	Força de trabalho competente visando o bem-estar econômico e social; exercício da democracia participativa.
Díaz; Alonso; Mas (2003)	AC articulada as características socioculturais dos indivíduos e lugares, portanto, variável.

As habilidades intelectuais abrangem desde a concepção enriquecida e empolgante do Universo sugerida por Showalter (1974) até a AC cultural proposta por Shen (1975), voltada ao desejo de compreender a Ciência como um grande construto humano. No entanto, essas abordagens não explicitam o propósito da aquisição dessas habilidades, sugerindo que seu mérito reside no próprio valor intelectual de ser cientificamente alfabetizado. Ou seja, o conhecimento científico seria um elemento enriquecedor do indivíduo educado no século XXI, equiparado à apreciação das artes, da música e da literatura. Nesse sentido, a AC contribuiria para a promoção da cultura intelectual (Laugksch, 2000).

A AC voltada à tomada de decisão, especialmente em questões sociocientíficas (QSC), destaca-se pelo papel central na preservação da democracia. Assim, pode-se afirmar que a AC envolve a aquisição e mobilização de conhecimentos científicos para fundamentar decisões qualificadas e responsáveis em esferas individuais e públicas.

Nas últimas duas décadas, influenciadas pelas teorias críticas e pelos estudos CTS, algumas produções sobre AC adotaram uma abordagem mais radical, defendendo a articulação entre formação científica, participação social e emancipação. Nessa perspectiva, a AC busca fomentar práticas pedagógicas comprometidas com a justiça social, a valorização de saberes plurais e a ação coletiva em contextos de desigualdade.

Valadares (2021) destaca que muitas pesquisas sobre AC não consideram que as experiências de participação, emancipação e transformação social na Ciência variam conforme fatores como classe, etnia e gênero. Para que essa abordagem seja efetiva, é necessário estabelecer marcos conceituais mais precisos sobre participação e emancipação, orientando práticas educacionais voltadas à transformação social. Esse raciocínio pode ser estendido aos conceitos de democracia e cidadania, pois seria incoerente que os primeiros fossem tratados superficialmente, enquanto os últimos recebessem uma abordagem crítica.

VI. De volta as relações entre AC, democracia e cidadania

Após realizar um resgate da história da alfabetização científica (AC) em interconexão com ideias de democracia e cidadania nos respectivos contextos, retomamos esse concreto de modo qualitativamente superior, numa totalidade mais rica de múltiplas determinações, a fim de analisar as contradições a serem superadas, considerando as demandas da pessoa alfabetizada cientificamente no Brasil.

Certo domínio público da Ciência tornou-se uma necessidade da produção na era moderna, sendo indispensável ao modelo de sociedade em que vivemos. Esse cenário é conhecido desde a institucionalização do cientista como trabalhador da Ciência — aquele que vende sua força de trabalho em troca de capital — e da transformação dos laboratórios/centros de pesquisa em locais de produção. A Ciência e o capitalismo industrial caminham de mãos dadas.

Sendo trabalho consciente e intencional, o primeiro motor da Ciência é a permanente necessidade de incremento das forças produtivas que sustentam a existência humana. O resultado dessa ação produtiva coletiva pode ser considerado um bem de produção, “porque original e ontologicamente está destinado a produzir a existência daquele que o produz” (Pinto, 2020c, p. 93). A Ciência é, portanto, um bem social de produção e um produto socialmente consumível, integrando-se à cultura da sociedade.

Um dos resultados do trabalho científico é a produção de objetos de uso, os quais são transformados em mercadorias pelas elites que detêm as ideias (cultura) e a riqueza. Ao monopolizar a Ciência, esses grupos fabricam os bens de consumo e obtêm mais capital para reinvestir no trabalho científico, num ciclo que retroalimenta e entrelaça reciprocamente

Ciência e economia. Essa dinâmica evidencia a impossibilidade da neutralidade científica, pois a economia sempre privilegiará alguma classe. Os grupos dominantes determinarão a finalidade da Ciência, seus métodos e os meios de difusão — como a Educação em Ciências — buscando conservar a ordem social que lhes é conveniente.

Se for funcional, a AC terá um caráter utilitarista, como na perspectiva da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), que a vincula a “[...] uma força de trabalho competente, para o bem-estar econômico e saudável do tecido social e de cada pessoa, e para o exercício da democracia participativa” (Ayala, 1996, p. 1). O Letramento Científico da Base Nacional Comum Curricular segue essa mesma orientação (Rodrigues; Pereira; Mohr, 2021).

Em certas circunstâncias, o trabalho das elites será frear o progresso do saber em comunidades específicas, visando à preservação de ideias e valores que sustentam o status quo. Assim, “[...] toda sociedade tem a Ciência que lhe é útil e necessária para conservar o sistema vigente” (Pinto, 2020c, p. 155). O atraso, portanto, não é fruto do acaso, de erro ou de fatores metafísicos, mas expressão de uma finalidade concreta. A influência do capital na definição da finalidade da Ciência, bem como suas implicações, não constitui um problema ético individual de pesquisadores e pesquisadoras, mas um problema da realidade objetiva.

O analfabetismo científico torna-se uma política onde a produção econômica não exige domínio público da Ciência. Em países subdesenvolvidos, marcados por modos de produção primitivos e subempregos, há inúmeras atividades laborais que podem ser exercidas com uma formação precária em Ciências (e outras áreas). Do ponto de vista social, inexiste uma cultura de participação pública — bem como mecanismos que a favoreçam — nos processos decisórios envolvendo Ciência e técnica, tampouco o interesse de que a população dirija tais processos, dada sua suscetibilidade à manipulação e ao controle por meio de leituras mágicas de mundo.

Dessa forma, o analfabetismo (científico, político, linguístico etc.) deve ser compreendido como uma política educacional intencional, e não como falha decorrente exclusivamente de métodos de ensino, formação docente ou recursos didáticos — embora tais elementos influenciem significativamente o processo. A organização, o planejamento e o financiamento do sistema educacional encaminham certas frações da comunidade à alfabetização e outras, que compõem a maioria, ao analfabetismo ou à alfabetização precária e funcional (Pinto, 1982; 2020a; 2020b; 2020c). Emerge, assim, uma primeira síntese: a AC está subordinada aos interesses do capital. O conhecimento científico e tecnológico e suas condições de produção serão delimitados pelas elites como forma de manter o controle sobre esses recursos estratégicos.

Há também uma relação intrínseca entre capitalismo e democracia moderna. Ambos emergem no final do século XVIII, momento em que a ampliação dos direitos políticos das camadas populares — historicamente excluídas — decorre das pressões da classe trabalhadora e do avanço técnico do sistema industrial. Além disso, muitas das concessões feitas aos trabalhadores metropolitanos ocorreram às custas da exploração das colônias do Sul Global. O

capitalismo convive sem dificuldades com a ampliação de direitos civis, políticos e da cidadania, desde que tal ampliação não questione a lógica da acumulação do capital (Lamas; Oliveira, 2017).

A vinculação da AC à democracia e ao exercício da cidadania emerge como conveniência histórica no contexto da Crise de 1929 e consolida-se durante a Guerra Fria, operando como estratégia de falso empoderamento das massas. A concepção de democracia estadunidense tornou-se instrumento de influência sobre o Ocidente, sobretudo sobre nações coloniais marcadas por inexperiência democrática e admiração acrítica pelos modelos dos países desenvolvidos. A definição de democracia não é problematizada, adquirindo caráter estático e universal; supõe-se que eleições livres bastem para garantir o poder popular, desde que seus resultados sejam respeitados. Conceitos como o de “ditadura da burguesia” são escamoteados, e o direito à propriedade privada dos meios de produção torna-se inquestionável, independentemente do modelo democrático ou sistema político (Lênin, 1977).

A revisão de Barcellos e Coelho (2022a) revela que existem estudos que defendem a AC da população ao reconhecerem que a ampliação das esferas de participação democrática pode ser distorcida pela limitação da criticidade. Nesse sentido, a AC é compreendida como via de qualificação da participação popular nos processos decisórios, constituindo expressão autêntica da cidadania crítica e responsável. Tal processo fortaleceria a democracia — e não “uma” democracia — em que a população decide sobre os rumos da Ciência e da tecnologia.

Mesmo em países com sufrágio universal estabelecido, a participação pública nos rumos da Ciência tende a ser limitada ou inexistente, em virtude de mecanismos relacionados às posições sociais dos sujeitos, que condicionam suas possibilidades de ação. Nas populações precariamente instruídas ou não alfabetizadas, esse processo é ainda mais acentuado, pois a Ciência e seus produtos pouco influenciam diretamente suas vidas; o acesso às ferramentas técnicas geradas pela Ciência é restrinido pelo capital. Nesses contextos, apenas as elites dispõem do arcabouço necessário para definir os rumos da Ciência, sua produção e sua educação, e o fazem em função de seus interesses de classe (Pinto, 2020c).

Esse é, em linhas gerais, o cenário observado em países subdesenvolvidos, onde as elites afirmam representar os interesses da sociedade como um todo. Sustentam ainda um discurso de Ciência pura, supostamente isenta de interesses que não sejam os do bem comum nacional, propagando socialmente a ideia equivocada de que a Ciência, por si só, resolverá problemas como a fome, a pobreza e outras mazelas atribuídas exclusivamente à falta de progresso científico — e não à ausência de progresso social (Pinto, 2020c). Detendo o controle dos meios de produção e propagação da cultura, as classes dominantes atuam no sentido de conservar a ordem que lhes favorece, afinal:

As ideias da classe dominante são, em cada época, as ideias dominantes, isto é, a classe que é a força material dominante da sociedade é, ao mesmo tempo, sua força espiritual dominante. A classe que tem à sua disposição os meios da produção material dispõe também dos meios da produção espiritual, de modo que a ela estão

submetidos aproximadamente ao mesmo tempo os pensamentos daqueles aos quais faltam os meios da produção espiritual (MARX; ENGELS, 2007, p. 47).

Emerge, assim, uma segunda síntese: a alfabetização científica (AC) pode, de fato, qualificar a participação em processos decisórios, tanto nas esferas pessoal quanto pública. No entanto, é fundamental problematizar de que tipo de participação se está tratando. Isso exige reconhecer que não existe uma "democracia geral", pois toda democracia — assim como toda ditadura — é sempre a democracia de uma classe. São conceitos dialeticamente relacionados (Lênin, 1977). Cada modelo democrático pressupõe um ideal de cidadão (Rosa; Lima; Cavalcante, 2023); e a noção de cidadania implica um cenário democrático no qual operam relações de poder entre o Estado e os cidadãos, bem como entre os próprios cidadãos (Pinhão; Martins, 2016).

No Estado burguês, comprometido com os interesses da classe dominante, ocorre uma dissociação entre democracia e liberdade, enquanto a cidadania torna-se um instrumento de legitimação do modo de produção capitalista, por meio de direitos sociais, regulamentos e leis que sustentam a ordem burguesa (Marx, 2010). Desse processo, emerge o “cidadão de direitos”, em que a lógica meritocrática e o individualismo atribuem ao sujeito a responsabilidade por transformações sistêmicas, a partir dos deveres e prerrogativas que sustentam *a*, e não *uma*, cidadania (Carnio, 2024).

O pensamento em totalidade permite compreender que o simples “saber Ciências” é insuficiente para o exercício pleno da cidadania e da democracia. Esses conceitos não podem ser universalizados nem discutidos de forma isolada, sob o risco de se reduzirem a abstrações. As concepções de AC inventariadas na Tabela 1, por se descolarem da dimensão política, configuram-se como instrumentos de alienação, formando sujeitos alfabetizados apenas para a manutenção de concepções estáticas e universais de democracia e cidadania. Nessa perspectiva, o sufrágio universal bastaria para realizar a vontade da maioria, consolidando a democracia; e a cidadania se resumiria ao acesso a direitos, sem, no entanto, garantir reais possibilidades de decisão ou transformação social.

Tal análise pode ser estendida ao contexto nacional, dada a histórica tendência de importar, traduzir e aplicar modelos curriculares estadunidenses de maneira acrítica (Krasilchik, 2000). A influência das potências capitalistas prolongou-se nas décadas seguintes, especialmente nas discussões sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), formação para cidadania e AC. Nos anos 1990, o avanço do neoliberalismo, aliado à atuação do Banco Mundial e da OCDE, moldou os currículos de Ciências da Natureza sob a lógica da dominação colonial, cultural e do capital — embora existam movimentos de resistência e hibridização (Ostermann; Rezende, 2020).

Mesmo algumas concepções formuladas em território nacional, como as de Chassot (2018) e Sasseron e Carvalho (2011), permanecem ancoradas em uma dimensão acrítica e esvaziada de sentido político. Chassot (2018, p. 84) define a AC como “o conjunto de conhecimentos que facilitariam aos homens e mulheres fazer uma leitura do mundo onde

vivem”. Para ele, ser alfabetizado cientificamente significa ler a linguagem em que está escrita a natureza, e a educação científica auxiliaria a compreender a necessidade de transformação do mundo para melhor. No entanto, não se explicita como tal transformação pode ser promovida, tampouco se esclarece o que seria, afinal, um “mundo melhor”.

Sasseron e Carvalho (2011) propõem três eixos estruturantes: (i) a compreensão básica de termos e conceitos científicos fundamentais; (ii) o entendimento da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que a envolvem; e (iii) a compreensão das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente. Em essência, esses eixos não se afastam dos aspectos clássicos da AC descritos por Laugksch (2000), especialmente das perspectivas trifacetadas de Shen (1975) e Miller (1983), que seguem influenciando sínteses contemporâneas sobre o sujeito alfabetizado cientificamente.

Entretanto, esses projetos carecem de clareza quanto ao modo como o sujeito alfabetizado pode participar e transformar o mundo, considerando as limitações concretas da cidadania e da democracia no Brasil. Nossa país possui atualmente uma constituição baseada em um modelo de democracia representativa centrado nos partidos políticos. O povo não possui mecanismos diretos de convocação de plebiscitos ou referendos, e historicamente o Estado não consulta a população de forma ampla para decisões relevantes. A democracia participativa, nesses moldes, configura-se como uma situação-limite a ser superada. Parlamentares e partidos não demonstram interesse em tais práticas, pois entendem que a política deve ser exercida por meio dos representantes eleitos. Há um esforço deliberado para conter iniciativas de participação direta (Espíndola, 2012).

Perpetua-se, assim, uma visão simplista de que os problemas sociais decorrem apenas da má escolha de representantes públicos — despreparados ou corruptos — e de que a solução residiria na formação de cidadãos críticos e alfabetizados (cientificamente), capazes de eleger políticos mais competentes que, por sua vez, resolveriam os dilemas sociais.

A revisão de Rosa, Lima e Cavalcante (2023) sobre formação para cidadania na Educação em Ciências revelou a predominância de modelos democráticos liberais ou socializantes, em detrimento de propostas efetivamente participativas. Os discursos de docentes e discentes se alinham às políticas nacionais e reforçam a formação de um cidadão passivo, sem investimento real em práticas que promovam a cidadania participativa. Pinhão e Martins (2016, p. 11) afirmam que “o discurso da formação para a cidadania, além de ser estruturante da sociedade burguesa, foi apropriado pelo mercado”. Trata-se de uma narrativa dominante que oculta as contradições que permeiam as relações sociais.

A análise a partir das categorias de totalidade e historicidade permite explicitar três contradições: (i) a AC pretende formar cidadãos democráticos, mas o faz a partir de ideais abstratos, ignorando os conflitos históricos e as exclusões estruturais que moldam esses mesmos ideais — o que gera uma tensão entre o universal abstrato e o concreto determinado; (ii) a promessa de emancipação está ancorada em um modelo de sujeito previamente definido, negando a autonomia real do indivíduo em formação; (iii) há um conflito entre o caráter

prescritivo da ciência nos processos decisórios e o ideal democrático baseado na pluralidade e deliberação. A AC, ao não problematizar essas contradições, levanta uma questão fundamental: como conciliar a autoridade epistêmica da ciência com os princípios democráticos de participação e pluralidade?

Propomos que a superação dessas contradições requer um processo de *aufhebung* — negação, preservação e superação — da AC. Isso implica: negar sua forma alienada, despolitizada e funcionalista; preservar aspectos como a aquisição de saberes científicos fundamentais e o desejo por participação crítica na vida pública; e superá-la por meio de um projeto que reconheça seu caráter político, abordando democracia e cidadania como categorias históricas e em disputa. Tal projeto deve conceber a AC como formação crítica de sujeitos políticos e reconhecer a pluralidade de saberes e formas de participação como elementos constitutivos da democracia.

Apesar de avanços na criticidade das discussões que relacionam AC à emancipação e à justiça social nas últimas décadas (Valadares, 2021), a educação científica brasileira caminha em direção oposta. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) compromete a Educação em Ciências com o Letramento Científico — uma das traduções de *scientific literacy*, assim como alfabetização científica. No entanto, Rodrigues, Pereira e Mohr (2021) apontam que essa abordagem remete a princípios positivistas que reforçam o paradigma da eficiência e da racionalidade técnica. Privilegia-se o desenvolvimento de competências para resolução de problemas cotidianos, em detrimento da reflexão crítica sobre questões históricas, filosóficas e sociológicas da ciência. Esse viés utilitarista e mercadológico, sustentado pela forte influência de instituições privadas no Movimento pela BNCC (Costola; Borghi, 2018), está em consonância com os avanços neoliberais e neoconservadores que marcam o cenário político brasileiro desde o golpe de 2016.

VII. Considerações finais

As transformações sociais influenciaram as concepções de alfabetização científica (AC), as quais, por sua vez, impactaram a sociedade ao serem materializadas na formação dos(as) estudantes. Trata-se, portanto, não de uma relação de causa e efeito, mas de uma relação dialética, na qual a categoria da contradição é essencial para reconhecermos que o ensino é colocado a serviço das elites, ao mesmo tempo em que possibilita a produção de conhecimentos críticos que fundamentam a compreensão das relações e práticas sociais contraditórias que sustentam privilégios, permitindo vislumbrar formas de enfrentamento e superação (Pires, 1998).

Essa compreensão nos permite reconhecer a existência de ações exitosas voltadas à AC dos/as estudantes, as quais oferecem contribuições valiosas para sua formação, algumas das quais foram evidenciadas em nossos trabalhos anteriores (Barcellos; Coelho, 2022a; 2025). De certo modo, tais ações configuram-se como atos-limite no enfrentamento ao analfabetismo científico e tornam a superação de uma AC alienada de sua dimensão política um sonho

possível. Para isso, é fundamental concebê-la como objetivo educacional a partir de uma perspectiva contra hegemônica, libertadora e comprometida com a humanização, vinculada a um projeto de sociedade e orientada para a inclusão e participação social — condição necessária, ainda que não suficiente, para a integração do ser humano. Como ensina Freire (2021, p. 141): “na percepção dialética, o futuro com que sonhamos não é inexorável. Temos de fazê-lo, de produzi-lo, ou não virá da forma como mais ou menos queríamos”.

Essa possibilidade pode ser vislumbrada, por exemplo, em Kauano e Marandino (2022) e em Barcellos e Coelho (2022b), cujos trabalhos apontam para uma criticização que não será imposta de fora, mas emergirá no interior do próprio contexto. Consideramos como contribuição deste artigo a demarcação da urgência de uma criticização dos debates sobre AC, democracia e cidadania, com vistas ao avanço para discussões mais politizadas. Longe de esgotar tal debate, entendemos ser pertinente aprofundar investigações no contexto da formação e do trabalho docente, visando à materialização de outras propostas de AC que superem as receitas importadas e alheias à nossa realidade.

Agradecimento

Agradecemos à CAPES pela bolsa concedida ao primeiro autor da pesquisa e ao povo brasileiro, que financia essas bolsas por meio do pagamento de impostos.

Referências bibliográficas

- ATAIDE, G. **O conceito de reificação em História e consciência de classe, de Georg Lukács.** 2020. Dissertação (Mestrado em Filosofia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.
- AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. Project 2061. Science for All Americans Summary. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science, 1995. Disponível em:
<http://www.project2061.org/publications/articles/2061/sfaasum.htm>. Acesso em: 04. Ago. 2020.
- ARONS, A. B. Achieving wider scientific literacy. **Daedalus**, v. 112, n. 2, p. 91-122, 1983.
- AYALA, F. **Introductory essay:** the case for scientific literacy. World Science Report, Paris: UNESCO, 1996.
- BARCELLOS, L. da S.; COELHO, G. R. Formação Continuada de Professores do Ensino Fundamental e a Alfabetização Científica: Estado do Conhecimento de 1992 a 2020. **Revista**

Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, [S. l.], v. 22, e29664, p. 1-31, 2022a. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2022u3363.

BARCELLOS, L. S.; COELHO, G. R. Formação de professores de ciências, práticas pedagógicas e alfabetização científica humanizadora. **Formação em Movimento**, v. 4, n. 8, p. 383-404, jan./dez. 2022b. Disponível em:
<https://periodicos.ufrrj.br/index.php/formov/article/view/213>.

BARCELLOS, L. da S.; COELHO, G. R. Formação inicial de professores e professoras do Ensino Fundamental e Alfabetização Científica: estado do conhecimento de 2000 a 2022. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 31, e25017, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1590/1516-731320250017>.

BATISTA, A. M. F. A trajetória do movimento de alfabetização científica (AC). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE HISTÓRIA, XXV, 2009, Fortaleza. **Atas** [...]. Fortaleza. Disponível em: https://anpuh.org.br/uploads/anais-simposios/pdf/2019-01/1548772189_25fc5bc10398ef71fa5bdd67463c1f00.pdf. Acesso em: 21 set. 2021.

BAZZO, W. A. **Ciência, Tecnologia, Sociedade e o Contexto da Educação Tecnológica**. Florianópolis: Ed. UFSC, 1998.

BAZZO, W. A.; von LINSINGEN, I.; PEREIRA, L. T. do V. Introdução aos Estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). In: **Cadernos de Ibero América**. Madrid (Espanha): OEI-Organização dos Estados Ibero-americanos para a Educação, a Ciência e a Cultura, 2003.

BLOCH, E. Basic research and economic health: the coming challenge. **Science**, v. 232, n. 4750, p. 595-599, 1986.

BRANSCOMB, A. W. Knowing how to know. **Science, Technology, & Human Values**, v. 6, n. 36, p. 5-9, 1981.

BRENNAN, R. **Dictionary of scientific literacy**. New York: Wiley, 1992.

CABRAL, G. P. Educação e Democracia: perspectiva emancipatória a partir da filosofia social de John Dewey / Education and Democracy: emancipatory perspective from John Dewey's social philosophy. **Revista Quaestio Iuris**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 844-866, 2017. DOI: 10.12957/rqi.2017.25969.

CARNIO, M. P. Artigo-parecer: de que cidadania estamos falando? Uma revisão de literatura das pesquisas em educação em ciências com perspectiva de formação para cidadania. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 26, e49083, p. 1-12, 2024.

CHASSOT, A. **Alfabetização científica**: questões e desafios para a educação. 8. ed. Ijuí: Unijuí, 2018.

COSTOLA, A; BORGHI, R. F. Os reformadores empresariais e as políticas educacionais: análise do movimento todos pela base nacional comum. **Revista on line de Política e Gestão Educacional**, Araraquara, v. 22, n. esp. 3, p. 1313-1324, dez., 2018.

DOI: 10.22633/rpge.v22iesp3.11889

DALBOSCO, C. A.; MENDONÇA, S. Teorias da democracia em John Dewey: exigências formativas da cooperação social. **Revista Brasileira de Educação**, v. 25, e250010, p. 1-17, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-24782020250010>

DAVIS, I. C. The Measurement of Scientific Attitudes. **Science Education**, v. 19, p. 117-122, 1935. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.3730190307>

DÍAZ, J. A. A.; ALONSO, A V.; MAS, M. A. M. Papel de la Educación CTS em una Alfabetización Científica y Tecnológica para todas las Personas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 2, n. 2, p. 80-111, 2003.

ESPÍNDOLA, R. S. Democracia participativa: autoconvocação de referendos e plebiscitos pela população. Análise do caso brasileiro. **Revista Jus Navigandi**, Teresina, ano 17, n. 3153, fev. 2012.

FOUREZ, G. Scientific literacy, social choices, and ideologies. In: CHAMPAGNE, A.; LOVITTS, B.; CALLINGER, B. (Orgs.). **This year in school science. Scientific literacy**. Washington, DC: AAAS, p. 89-108, 1989.

FREIRE, P. **Pedagogia da Esperança**: um reencontro com a pedagogia do oprimido. 28. ed. São Paulo/ Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2021.

GABEL, L. L. **The development of a model to determine perceptions of scientific literacy**. **Unpublished doctoral thesis**. The Ohio State University, Columbus, OH, 1976.

GALIANI, C.; MACHADO, M. C. G. As propostas educacionais de John Dewey para uma sociedade democrática. **Revista Educação em Questão**, v. 21, n. 7, p. 116-135, 2004.

GALEANO, E. **As veias abertas da América Latina**. Porto Alegre: Editoria L&PM, 2023.

HAZEN, R.; TREFIL, J. **Science matters. Achieving scientific literacy**. New York: Anchor Books Doubleday, 1991.

HIRSCH, E. D. **Cultural literacy**: What every American needs to know. Boston: Houghton Mifflin, 1987.

HIRSCH, E. D.; KETT, J.; TREFIL, J. **The dictionary of cultural literacy**. Boston: Houghton Mifflin, 1988.

KAUANO, R. V.; MARANDINO, M. Paulo Freire na Educação em Ciências Naturais: Tendências e Articulações com a Alfabetização Científica e o Movimento CTSA. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, [S. l.], e35064, p. 1-28, 2022.

KRASILCHIK, M. Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. **São Paulo em Perspectiva**, v. 14, n. 1, p. 85-93, 2000.

LAMAS, F. G.; OLIVEIRA, E. A. de. Democracia e luta de classes na atual ordem sócio metabólica do capital. **Revista Katálysis**, v. 20, n. 1, p. 103-110, 2017.

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

LÊNIN, V. I. **A revolução proletária e o renegado Kautsky**. Lisboa: Edições Avante!, 1977.

LEONEL, Z. **Contribuição à história da escola pública**: elementos para a crítica de teoria liberal da educação. 1994. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

LUCAS, M. A. O. F.; MACHADO, M. C. G. A influência do pensamento de Herbert Spencer em Rui Barbosa: a ciência na criação da escola pública brasileira. **Educação em Foco**, Juiz de Fora, v. 7, n. 2, p. 137-152, 2002.

MANN, H. **A educação dos homens livres**. Tradução: Jacy Monteiro. São Paulo: Ibrasa, 1963.

MARTINS, L. M.; LAVOURA, T. N. Materialismo histórico-dialético: contributos para a investigação em educação. **Educar em Revista**, v. 34, n. 71, p. 223-239, 2018.

MARX, K. **Sobre a questão judaica**. São Paulo: Boitempo, 2010.

MARX, K.; ENGELS, F. **A ideologia alemã: crítica da mais recente filosofia alemã em seus representantes Feuerbach, B. Bauer e Stirner, e do socialismo alemão em seus diferentes profetas (1845-1846)**. São Paulo: Boitempo, 2007.

MILLER, J. D. Scientific Literacy: A conceptual and Empirical Review. **Daedalus**, v. 1, n. 112, p. 29-48, 1983.

OSTERMANN, F.; REZENDE, F. Uma interpretação da Educação em Ciências no Brasil a partir da perspectiva do currículo como prática cultural. **APEduC Revista**, v. 01, n. 01, p. 30-40, 2020.

PELLA, M. O.; O'HEARN, G. T.; GALE, C. G. Referents to scientific literacy. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 4, p. 199-208, 1966.

PINHÃO, F.; MARTINS, I. Cidadania e ensino de ciências: questões para o debate. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 18, n. 3, p. 9-29, set. 2016.

PINTO, A. V. **Sete lições sobre educação de adultos**. São Paulo: Cortez Editora, 1982.

PINTO, A. V. **Consciência e realidade nacional**: volume I: a consciência ingênua. 1. ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 2020a.

PINTO, A. V. **Consciência e realidade nacional**: volume II: a consciência crítica. 1. ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 2020b.

PINTO, A. V. **Ciência e existência**: problemas filosóficos da pesquisa científica. 1. ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 2020c.

PIRES, M. F. de C. Multidisciplinaridade, interdisciplinaridade e transdisciplinaridade no ensino. **Interface: Comunicação, Saúde, Educação**, v. 2, n. 2, p. 173-182, fev. 1998.

REIS, G.; OLIVEIRA, A. Editorial. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte**, v. 14, n. 2, p. 09-26, 2014.

ROBERTS, D. A. **Scientific literacy**: Towards a balance for setting goals for school science programs. Ottawa, ON, Canada: Minister of Supply and Services, 1983.

RODRIGUES, L. Z.; PEREIRA, B.; MOHR, A. Recentes Imposições à Formação de Professores e seus Falsos Pretextos: as BNC Formação Inicial e Continuada para Controle e Padronização da Docência. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S. l.], p. e35617, p. 1-39, 2021. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2021u12771315

ROSA, G. G.; LIMA, N. W.; CALVACANTI, C. J. DE H. De que cidadania estamos falando? Uma revisão de literatura das pesquisas em educação em ciências com perspectiva de formação para cidadania. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 25, e45653, p. 1-19, 2023.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. de. Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.

SHAMOS, M. H. **The Myth of Scientific Literacy**. New Brunswick, N.J.: Rutgers University Press, 1995.

SHEN, B. Science Literacy. **American Scientist**, v. 63, p. 265-268, may.-jun. 1975.

SHOWALTER, V. M. What is united science education? **Part 5: program objectives and scientific literacy**. PRism 2, 3-4, 1974.

SNOW, C. P. **The two cultures and the scientific revolution**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1962.

SPARKS, D.; HIRSH, S. A New Vision for Staff Development. In: **Alexandria: Association for Supervision and Curriculum Development and National Staff Development Council**, v. 77, n. 1, p. 20-22, 1997.

VALADARES, L. Scientific Literacy and Social Transformation. **Science & Education**, v. 30, p. 557-587, 2021. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00205-2>

VAN DER PLOEG, P.A. Dewey and Citizenship Education: Schooling as Democratic Practice. In: PETERSON, A., STAHL, G., SOONG, H. (eds). **The Palgrave Handbook of Citizenship and Education**. Palgrave Macmillan, Cham, 2020. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67828-3_20

WYNNE, B. Public understanding of science research: New horizons or hall of mirrors? **Public Understanding of Science**, v. 1, n. 1, p. 37-43, 1992.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de Ciências: Aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio: Pesquisa e Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 13, n. 03, p. 67-80, 2011.



Direito autoral e licença de uso: Este artigo está licenciado sob uma [Licença Creative Commons](#).