



that each of the axes of SL can be developed in an activity with SSI, confirming their potential in the development of critical citizens. Examples are presented, which are representative of the diversity of activities that can be carried out with SSI, and which stimulates the axes of SL, to stimulate teachers to change their pedagogical practice and to think of ways to include SL in their classes.

**Keywords:** Scientific Literacy. Socioscientific Issues. Structuring Axes.

## 1 Introdução

O ensino de ciências brasileiro, ao longo da história, esteve sempre mais associado à transmissão e à recepção dos conceitos científicos destituídos de sentidos e significados, do que a um ensino que de fato despertasse o interesse do aluno, com assuntos que estivessem relacionados ao seu cotidiano, à sua vida e à sua realidade. Neste modelo, o professor atuava como um mero transmissor de conteúdos, sobre os quais supunha que os alunos nada sabiam e, esses, como meros receptores passivos. Os estudantes decoravam as fórmulas, leis e teorias e, depois da prova, as esqueciam, porque não tinham utilidade para sua vida. Tal abordagem já vinha sendo questionada por educadores que buscavam outras formas de ensinar, a exemplo de Paulo Freire (CHASSOT, 2003). Todavia, apesar de todos os esforços dos pesquisadores da área de ensino de ciências nas últimas décadas, bem como do trabalho dos professores, que já vinham buscando inovar, ainda hoje é possível encontrar esse tipo de ensino na Educação Básica e até mesmo no Ensino Superior.

A partir de tais esforços, os currículos vêm sendo concebidos de forma a incluir aspectos sociais da vida dos educandos, para tornar os conteúdos mais palpáveis e evidentes em seu cotidiano, potencialmente capazes de formar cidadãos mais críticos e reflexivos. Como parte dessas tentativas, várias têm sido as temáticas e linhas de investigação que buscam oferecer metodologias e abordagens que propiciem aquele ensino almejado. Nesse âmbito, uma dessas temáticas diz respeito à alfabetização científica (AC), a qual tornou-se um dos objetivos do ensino de ciências. Considera-se que a AC é um processo, que pode ser especialmente estimulado na escola, levando o indivíduo a utilizar os conceitos e a linguagem da ciência, para entender o mundo que o cerca, tornando-o consciente e responsável por sua forma de estar no mundo. Para tanto, a AC está relacionada a três principais dimensões, as quais são denominadas por Sasseron e Carvalho (2011, p. 75-76) de Eixos Estruturantes: “compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais, [...] compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática, [...] entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente”.

No entanto, a questão que se coloca é como promover a AC em cada um destes eixos. Neste artigo, consideramos e discutiremos que uma das formas pode ser por meio das discussões sobre controvérsias sociocientíficas (CSC). Ou seja, as CSC podem promover a alfabetização científica, desde que devidamente compreendidas e inseridas no contexto escolar por meio de práticas educativas que coloquem o aluno como protagonista e que contribua para a construção de conhecimentos, articulada com a formação para a cidadania.

As CSC são questões relacionadas à ciência e à tecnologia, as quais envolvem aspectos políticos, sociais, econômicos, ambientais, éticos e morais. Como por exemplo, alimentos transgênicos, efeito estufa e uso de células-tronco. CSC como essas podem servir de contexto para o processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos científicos, pois são assuntos que os estudantes veem nos noticiários com frequência e que afetam suas vidas diretamente. Além disso, as CSC evidenciam as relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade e destacam

aspectos da natureza da ciência. Essas questões podem mostrar, por exemplo, que a ciência não é neutra e que, em algumas situações, os aspectos econômicos podem sobrepor-se aos sociais.

Todavia, apesar das vantagens educativas das CSC, Duso e Hoffmann (2013) e Krupczak e Aires (2019) argumentam que essas ainda são pouco discutidas na pesquisa brasileira. Além disso, poucos desses estudos brasileiros concentram-se em discutir as relações entre as CSC e a AC, sendo encontrados alguns internacionais (KOLSTO, 2001; ZEIDLER; NICHOLS, 2009; HILÁRIO; REIS, 2009). Pensando nisso, o objetivo deste trabalho teórico é compreender como as CSC podem promover a AC em cada um de seus três Eixos Estruturantes, localizando trabalhos sobre questões sociocientíficas e que apresentam potencialidades de promoção da AC por meio dos eixos estruturantes.

Para tanto, este estudo está estruturado em quatro tópicos principais. Primeiro, explicitamos o que é a AC e quais são seus Eixos Estruturantes. Em seguida, explicamos o que são as CSC e sua relação com a Educação para a cidadania. Depois, interligamos os dois temas, AC e CSC, explicitando como as CSC podem desenvolver os três Eixos Estruturantes da AC. Por fim, indicamos três exemplos de propostas envolvendo CSC, os quais foram selecionados por representarem uma diversidade de atividades pedagógicas.

## 2 A alfabetização científica e suas dimensões

A temática ‘alfabetização científica’ é bastante estudada e discutida na literatura sobre Educação em Ciências, no entanto, segundo Sasseron e Carvalho (2011), não existe uma definição precisa do seu conceito e existem divergências até na sua designação.

Na literatura brasileira existem diferentes termos para designar o processo de AC: alguns pesquisadores usam letramento científico, outros, enculturação científica e, ainda, alfabetização científica. Estas diferenças advêm da tradução do termo de outras línguas, em especial do inglês, em que é utilizado *scientific literacy* (SASSERON; CARVALHO, 2011). Neste trabalho, é adotada a expressão alfabetização científica, em concordância com o entendimento de Sasseron e Carvalho (2011, p. 61) de que “a alfabetização deve desenvolver em uma pessoa qualquer a capacidade de organizar seu pensamento de maneira lógica, além de auxiliar na construção de uma consciência mais crítica em relação ao mundo que a cerca”.

Paul Hurd (1958) utilizou pela primeira vez o termo alfabetização científica na década de 50 do século passado, em meio à corrida espacial entre os Estados Unidos da América e União das Repúblicas Socialistas Soviéticas. Este período é considerado como um marco para a Educação CTS, em função dos avanços da Ciência e da Tecnologia e dos impactos na sociedade. Defendia que o futuro do progresso em ciência e em tecnologia na década de 1960 seria dependente de uma educação apropriada ao conhecimento de mudanças de uma revolução científica emergente. Os avanços da ciência conduziam para novos horizontes e estabeleciam novas áreas para conquistas intelectuais, o que exigiria um plano educacional para sustentar o ciclo de conquistas (HURD, 1958).

Em outro trabalho, Hurd (1998) afirma que, desde o início da ciência moderna, por volta do século XVII, existem interesses em vincular o conhecimento científico com a vida das pessoas, o que é feito na educação escolar. Para isso, é preciso que os alunos saibam utilizar as informações obtidas na escola de forma crítica. Assim, para Hurd (1998, p. 410, tradução nossa) “a alfabetização científica é vista como uma competência cívica exigida para o pensamento racional sobre a ciência em relação a problemas pessoais, sociais, políticos, econômicos e questões que provavelmente ocorrerão ao longo da vida”.



Já Shen (1975, p. 265, tradução nossa) entende que “a alfabetização científica pode ser muitas coisas, desde saber como preparar uma refeição nutritiva até saber como apreciar as leis da física”. Lorenzetti e Delizoicov (2001, p. 52-53) consideram que a AC é uma atividade vitalícia, que está em constante desenvolvimento, pois é “compreendida como o processo pelo qual a linguagem das Ciências Naturais adquire significados, constituindo-se um meio para o indivíduo ampliar o seu universo de conhecimento, a sua cultura, como cidadão inserido na sociedade”. Chassot (2003, p. 97) também argumenta que:

[...] poderíamos pensar que alfabetização científica signifique possibilidades de que a grande maioria da população disponha de conhecimentos científicos e tecnológicos necessários para se desenvolver na vida diária, ajudar a resolver os problemas e as necessidades de saúde e sobrevivência básica, tomar consciência das complexas relações entre ciência e sociedade.

Ou seja, as definições convergem para a ideia de que AC leva ao entendimento da cultura científica, o que significa entender sua linguagem, características, processo de construção e relações existentes entre diferentes conhecimentos (SASSERON; CARVALHO, 2011).

Para Shen (1975), a AC pode ocorrer de três formas: (i) prática: é a AC que desenvolve conhecimentos que podem ser aplicados de modo imediato para saciar necessidades humanas básicas; (ii) cívica: está relacionada com a tomada de decisão em questões que envolvem a ciência e a tecnologia numa sociedade democrática e (iii) cultural: é o desejo de conhecer mais sobre determinado assunto de cunho científico e/ou tecnológico.

Já Miller (1983) define que a AC tem três dimensões: (i) normas e métodos da ciência: que está relacionado com o entendimento da NdC; (ii) conhecimento cognitivo da ciência: referente à compreensão dos termos e conceitos científicos e (iii) atitudes em relação à ciência: que diz respeito ao impacto da ciência e tecnologia na sociedade.

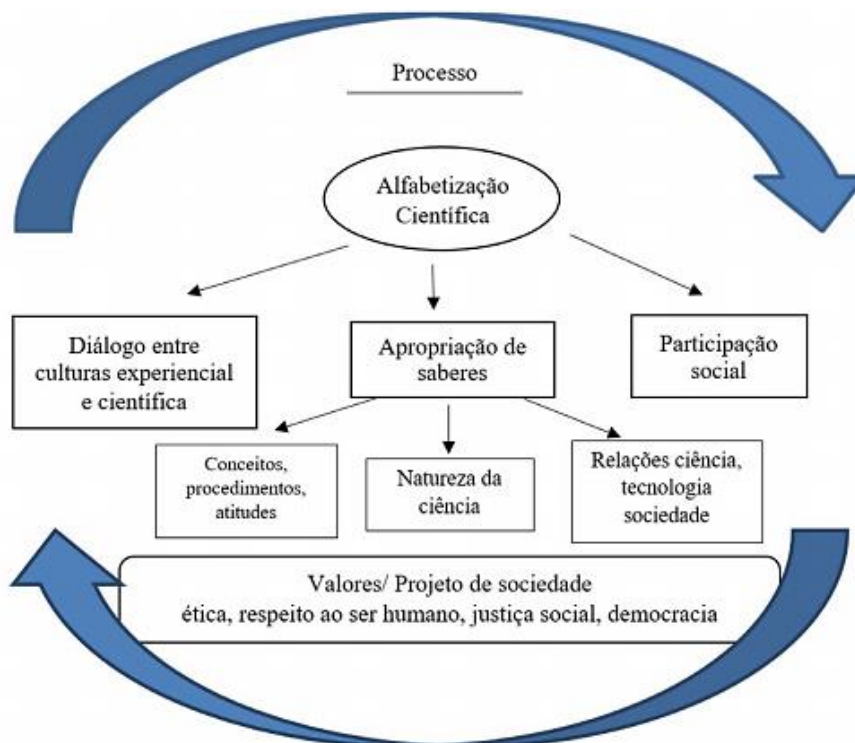
Bybee (1995) define quatro dimensões para a AC: (i) nominal: relacionado com a capacidade de identificar que determinados termos são científicos, mas sem saber necessariamente o seu significado; (ii) funcional: é o conhecimento dos termos científicos, para que os indivíduos saibam ler e escrever textos técnicos; (iii) conceitual e procedimental: está relacionada com o entendimento dos processos de construção do conhecimento científico e (iv) multidimensional: refere-se à análise racional do papel que a ciência e a tecnologia têm na vida de cada indivíduo, neste nível, os alunos possuem condições de adquirir, explicar e aplicar os conhecimentos científicos na solução de seus problemas diários.

Percebendo que as dimensões sugeridas por Miller (1983) e Bybee (1995) convergem para uma mesma classificação, Sasseron e Carvalho (2011) propõem o que chamam de “Eixos Estruturantes da AC”, os quais são: (i) compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais; (ii) compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática e (iii) entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente.

O desenvolvimento da AC pode ser resumido no esquema da Figura 1. A AC é uma das condições necessárias para que um sujeito consiga participar da sociedade de forma crítica, ampliando sua visão de mundo. Pois “[...] a AC deve promover não apenas a apropriação de conhecimentos, mas também a construção do que Freire chama de consciência epistemológica, potencializando a participação social” (MARQUES; MARANDINO, 2018, p. 7).



Figura 1 – Resumo do desenvolvimento da alfabetização científica.



Fonte: Marques; Marandino, 2018, p. 7.

Importante destacar que na compreensão das autoras, os três eixos da alfabetização científica estão englobados na categoria de apropriação de saberes. Além disso, Marques e Marandino (2018) destacam o diálogo entre as culturas experiencial e científica. A primeira refere-se às experiências particulares do indivíduo, fortemente ligadas ao seu contexto social. A segunda é o conjunto de normas, valores, conceitos e procedimentos da ciência, que a caracterizam como uma forma particular de compreender a realidade. Ao falar de participação social, as autoras referem-se à “promoção de condições necessárias à realização de leituras críticas da realidade, à participação no debate público, à tomada de decisão responsável, à intervenção social em uma perspectiva emancipadora e de inclusão social” (MARQUES; MARANDINO, 2018, p. 7), ou seja, busca-se a formação de um cidadão crítico, consciente e participativo.

Atualmente, o grande desafio está em desenvolver formas de promover a AC. Diversos trabalhos na literatura vêm mostrando possibilidades de atividades para isto em todos os níveis de ensino, as quais vão desde projetos de incentivo à pesquisa (OLIVEIRA et al., 2016; RODRIGUES et al., 2015), sequências didáticas investigativas para o ensino fundamental (SASSERON; CARVALHO, 2008, OLIVEIRA; GUIMARÃES; LORENZETTI, 2015, SILVA, 2018, COSTA; LORENZETTI 2019), ensino mediado por tecnologias da informação e comunicação (RANGEL; SANTOS; RIBEIRO, 2012), ensino dentro do espaço não formal (COSTANTIN, 2001; MARQUES; MARANDINO, 2018) e diversas outras propostas. Porém, nem sempre essas atividades são planejadas e conseguem alcançar os três eixos estruturantes da alfabetização científica. Nesse sentido, uma proposta que tem a potencialidade de atingir tal objetivo pode corresponder às CSC, as quais são discutidas a seguir.



### 3 As Controvérsias sociocientíficas

Segundo Kolsto (2001), as CSC são problemas que frequentemente aparecem nos meios de comunicação e, por vezes, são disputas locais. São questões que incluem avaliações divergentes, de membros diferentes, com interesses diversos. Zeidler e Nichols (2009, p. 49, tradução nossa) argumentam que “elas [as CSC] são geralmente de natureza controversa, mas têm o elemento adicional de exigir um grau de raciocínio moral ou a avaliação de preocupações éticas no processo de chegar a decisões sobre a possível resolução dessas questões”. Hilário e Reis (2009, 169) afirmam que “as controvérsias sociocientíficas representam uma diversidade de dilemas sociais resultantes da aplicação dos princípios e práticas científicas e tecnológicas”.

Segundo Mundim e Santos (2012, p. 791), as CSC têm como características “relacionar-se à ciência; envolver formação de opinião e escolhas; ter dimensão local, nacional ou global; envolver discussão de valores e ética; estar relacionado à vida; envolver discussão de benefícios, riscos e valores, entre outras”.

São exemplos de CSC o uso de agrotóxicos e de plantas geneticamente modificadas na produção de alimentos, a produção e uso de biocombustíveis, a clonagem de seres vivos, o aquecimento global, o uso de animais para testes científicos, os estudos com células-tronco, a produção de energia por diferentes meios, a instalação de indústrias estrangeiras em outros países, entre outros.

Da mesma forma que existem várias nomenclaturas diferentes para a AC, em função das diversas traduções feitas, também existem vários termos para designar as CSC. O termo surgiu em inglês como *socioscientific issues* e, no Brasil, surgiram diversas denominações diferentes, como questões sociocientíficas, controvérsias sociocientíficas, assuntos controversos, temas controversos, aspectos sociocientíficos. Apesar das diferentes nomenclaturas, todas se referem aos mesmos tipos de questões. Neste artigo, utiliza-se a expressão “controvérsias sociocientíficas”, porque se defende que essa representa melhor a natureza controversa das referidas situações, as quais estão sempre envoltas em disputas entre grupos diferentes, com propostas de soluções diversas.

Percebe-se, a partir do tópico anterior, que uma educação em ciências que tem como objetivo a promoção da AC, busca mais do que a simples transmissão dos conteúdos curriculares relativos às ciências. Almeja-se a formação de um cidadão crítico, de modo que este consiga utilizar os conhecimentos científicos para decodificar e compreender o mundo em que vive. Além de também entender a ciência e a tecnologia como uma construção humana, coletiva, não neutra, provisória, influenciada por fatores externos, aspectos relacionados à natureza da ciência e da tecnologia. É também objetivo da AC a compreensão das relações entre a ciência, tecnologia e sociedade e as implicações dessas relações em sua vida, ou seja, busca-se uma educação para a cidadania, a partir da qual, todos possam ter condições de atuar crítica, democraticamente e de modo responsável.

Nesse sentido, Hilário e Reis (2009) argumentam que durante as aulas os estudantes devem ter a oportunidade de manifestar suas ideias e defendê-las, sendo que as atividades de discussão de CSC podem propiciar tal oportunidade, conforme os autores apontam:

As discussões em si apresentam um conjunto de potencialidades único, uma vez que criam oportunidades de: 1) vivenciar a democracia em sala de aula porque o protagonismo da ação fica centrado nos alunos e todas as opiniões são igualmente valorizadas; 2) aprender conteúdos, fomentando a pesquisa, facilitando a aprendizagem entre pares e estimulando o reforço e a consolidação da informação; 3) aprender e praticar regras de conduta sociais (quem fala, quando e como) e,



essencialmente, a respeitar a opinião do outro, reforçando a tolerância; 4) incentivar a participação e estimulando o desenvolvimento de competências de comunicação; 5) desenvolver a capacidade de argumentação, porque a valorização de cada opinião dependerá da forma como o seu autor a defender, isto é, da maneira como argumentar; 6) colocar no mesmo espaço, discutindo a mesma situação, indivíduos com características distintas, o que permite a construção de propostas mais ricas (HILÁRIO; REIS, 2009, p. 170).

Diversos estudos mostram as vantagens de aulas baseadas em CSC para a educação cidadã (RODRIGUES et al., 2015; MUNDIM; SANTOS, 2012; ZEIDLER; NICHOLS, 2009; HILÁRIO; REIS, 2009; REIS, 2007; SADLER; ZEIDLER, 2005; KOLSTO, 2001). Pode-se destacar que os estudantes:

- a) percebem que a Ciência é uma construção cultural e social, repleta de controvérsias e influenciada por valores e interesses (ZEIDLER; NICHOLS, 2009);
- b) compreendem de forma realista a política envolvida na Ciência e como isso afeta a sociedade;
- c) entendem os argumentos dos cientistas, grupos de protesto e governos;
- d) percebem os paradoxos existentes em decisões relacionadas com ciência e tecnologia e identificam os conflitos de valores e interesses existentes;
- e) constatarem que não existem consensos absolutos sobre os riscos envolvidos em algumas situações;
- f) desenvolvem capacidades de construção de conhecimento de forma autônoma por meio da pesquisa;
- g) estabelecem relações entre o que aprendem na escola e o que vivenciam na vida real (REIS, 2007).

Uma habilidade útil que pode ser estimulada com as discussões de CSC é a de verificar a credibilidade de fontes de informação, a qual se mostra bastante significativa nos dias atuais. Os professores podem, por exemplo, procurar sites com informações confiáveis e outros duvidosos, de modo a expor os alunos a informações contraditórias e incentivar a pesquisar a credibilidade das fontes (ZEIDLER; NICHOLS, 2009).

Com base em todo o exposto, consideramos que a discussão de CSC pode estimular o desenvolvimento da AC, pois auxilia na aprendizagem dos conhecimentos científicos, evidencia os aspectos éticos e morais presentes na Ciência e suas relações com a sociedade e permite a abordagem da NdC, ao mostrar que essa não tem resposta certa para tudo e é uma construção social (HILÁRIO; REIS, 2009). Portanto, consideramos que as CSC têm a potencialidade de abarcar os três Eixos Estruturantes definidos por Sasseron e Carvalho (2011) – compreensão dos termos, conhecimentos e conceitos científicos, da NdC e das relações CTS – os quais serão discutidos adiante.

#### **4 Eixos da alfabetização científica e sua relação com as questões sociocientíficas**

O primeiro eixo estruturante da alfabetização científica envolve a compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais. A ideia central é que o aluno aprenda e internalize conhecimentos básicos, para que consiga resolver problemas e situações comuns do seu dia a dia. Além disso, a compreensão de princípios essenciais da ciência se faz necessária para a própria interação social e percepção de informações e notícias (SASSERON; CARVALHO, 2011).

Uma das dificuldades que os professores encontram ao trabalhar com as CSC, em termos de conteúdo, é que estas são muito abrangentes e é difícil delimitar o que vai ser estudado, levando em conta o que está nos currículos (KOLSTO, 2001). Por outro lado, esta característica também pode ser uma vantagem, pois facilita a interdisciplinaridade. Conforme os anos escolares vão passando, o ensino torna-se cada vez mais disciplinar e compartimentalizado. Assim, as CSC podem aproximar as disciplinas científicas das humanísticas e artísticas, por fornecer um contexto em que muitas discussões podem ser incluídas (ZEIDLER; NICHOLS, 2009).

Uma possível resposta à dificuldade anterior, pode estar na relevância do que é ensinado para a vida do aluno. Nas aulas, em geral, faltam discussões sobre como cada conteúdo contribui para a resolução dos problemas cotidianos (KOLSTO, 2001). Segundo Santos (2007, p. 4), “os alunos não conseguem identificar a relação entre o que estudam em ciência e o seu cotidiano e, por isso, entendem que o estudo de ciências se resume a memorização de nomes complexos, classificações de fenômenos e resolução de problemas por meio de algoritmos”. Assim, Zeidler e Nichols (2009) lembram que os estudantes não pensam em tabela periódica, célula eucarionte ou reflexão da luz de forma isolada, logo, o objetivo de utilizar CSC na sala de aula é que essas permitem que assuntos/conteúdos como esses, possam ter tratados dentro de contextos que façam sentido ao aluno.

Outra dificuldade, lembrada por Kolsto (2001), que deve ser levada em conta quando se pretende trabalhar com as CSC, é a quantidade de conhecimento científico necessário para entendê-las. Para minimizar tal dificuldade, é importante que o professor identifique os saberes básicos que os alunos precisam ter domínio, para não tornar a discussão muito difícil e, por consequência, desestimular o estudante, levando-o a achar que é incapaz de pensar e tomar uma decisão sobre aquele assunto. Portanto,

[...] a seleção e ordenação dos temas sociocientíficos é feita considerando-se o grau de complexidade dos conceitos científicos vinculados aos temas, de acordo com o desenvolvimento cognitivo do aluno. A diferença central está no fato de que os conteúdos são apresentados de forma integrada aos temas, e não de maneira fragmentada e descontextualizada, que caracteriza a abordagem clássica do atual ensino de ciências (MUNDIM; SANTOS, 2012, p. 791).

Desse modo, nas discussões de CSC, os conhecimentos científicos são trabalhados de forma integrada com o tema em estudo. Assim, os cuidados necessários em termos de conteúdo estão relacionados com estas três questões discutidas: delimitação do conteúdo, relevância do mesmo e a quantidade de conhecimento a ser enfatizada (KOLSTO, 2001).

Hilário e Reis (2009) realizaram sessões de discussão de CSC e identificaram fatores que afetam a qualidade das atividades. Um destes fatores é a abordagem e domínio dos conteúdos científicos, ou seja, os grupos que começaram a sessão fazendo uma breve apresentação dos conceitos e termos científicos envolvidos no tema conseguiam ter discussões de melhor qualidade. Assim, segundo Hilário e Reis (2009), a discussão de CSC estimulou a aprendizagem dos conteúdos, pois os alunos, de forma autônoma, sentiram necessidade de pesquisar para além do que havia sido ensinado em sala de aula. Sadler e Zeidler (2005) também afirmam que a facilidade de entender e discutir uma CSC é afetada pelo conhecimento científico, a falta de entendimento dificulta a tomada de decisão consciente. No entanto, os autores defendem que o conhecimento exigido muitas vezes não é extenso e pode ser introduzido no início e durante as discussões.



A questão do conhecimento do conteúdo científico também fica evidente quando se colocam grupos distintos para discutir. Alguns grupos dão mais ênfase para os aspectos morais, políticos, econômicos ou sociais, enquanto outros enfatizam as questões científicas, justamente por ter maior domínio destas. Um exemplo disto é encontrado na pesquisa, já citada, de Hilário e Reis (2009), sessões de discussão de CSC foram organizadas entre grupos de alunos de áreas científicas e das áreas humanas e artísticas. Os estudantes de ciências evidenciavam os aspectos científicos e os outros grupos as dimensões sociais, políticas, econômicas e morais. Tal fato foi valorizado por todos os participantes, pois cada um deles aprendeu algo novo e enxergou a questão em debate por outro viés, mostrando a importância da heterogeneidade dos grupos.

Segundo Kolsto (2001, p. 292, tradução nossa), “[...] para capacitar os estudantes como cidadãos, é necessário enfatizar a ciência como uma instituição e os processos pelos quais o conhecimento científico é produzido”, ou seja, para desenvolver a AC, é preciso compreender os processos de construção da ciência e da tecnologia e é preciso entender a Natureza da Ciência e da Tecnologia, o que corresponde ao segundo eixo estruturante da alfabetização científica: compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática.

Não existe uma definição absoluta do que é a NdC. Os próprios epistemólogos e filósofos da ciência a discutem de formas diferentes. Tal fato, no entanto, não deve ser desconcertante, dada a complexidade desta (LEDERMAN; ANTINK; BARTOS, 2014). Para Karisan e Zeidler (2017, p. 142, tradução nossa) “[...] ela [NdC] é comumente expressa como a epistemologia da ciência, uma maneira de conhecer a ciência, ou os valores e crenças inerentes ao desenvolvimento do conhecimento científico”. Lederman (1992, p. 331, tradução nossa) considera que “embora a ‘natureza da ciência’ tenha sido definida de várias maneiras, ela geralmente se refere aos valores e suposições inerentes ao desenvolvimento do conhecimento científico”. Na mesma linha, Moura argumenta:

A natureza da Ciência é entendida como um conjunto de elementos que tratam da construção, estabelecimento e organização do conhecimento científico. Isto pode abranger desde questões internas, tais como método científico e relação entre experimento e teoria, até outras externas, como a influência de elementos sociais, culturais, religiosos e políticos na aceitação ou rejeição de ideias científicas (MOURA, 2014, p. 32).

Para analisar as principais características da NdC, Pérez *et al.* (2001) propuseram cinco aspectos consensuais, que são: (i) a rejeição do “método científico” como única forma de construir conhecimento na ciência, pois existe um pluralismo metodológico; (ii) a recusa de que a observação é neutra e as teorias são derivadas da inferência indutiva dos dados. Esses não são “puros” e são interpretados com base nas teorias vigentes; (iii) a ciência não é uma verdade absoluta, mas está em um processo contínuo de testes e mudanças; (iv) as áreas do conhecimento não são isoladas e os cientistas estão em busca de teorias abrangentes que expliquem e interliguem o maior número possível de fenômenos; (v) a ciência e os cientistas não estão isolados das sociedades, eles são influenciados e influenciam a realidade. No entanto, vale frisar que estas não são as únicas características da NdC, existem várias outras questões que podem ser levantadas. A NdC é diversa e abundam na literatura tentativas de defini-la e listas de aspectos que devem ser discutidos com os alunos.

Neste Eixo, compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática, deseja-se, portanto, que os estudantes compreendam como a ciência é construída e que essa se constitui das tentativas humanas de explicar o mundo ao longo da

história, as quais não são nem melhores nem piores umas que as outras, pois cada conhecimento científico foi construído dentro de um contexto social, cultural, político, econômico, ético, moral [...], estando, portanto, sempre sujeito às mudanças. No entanto, pesquisas indicam que os alunos (SILVA; SANTOS; RÔÇAS, 2016; FERNANDES; RODRIGUES; FERREIRA, 2018) e os próprios professores e licenciandos (PÉREZ et al., 2001; SCHEID; FERRARI; DELIZOICOV, 2007; TEIXEIRA; FREIRE JR.; EL-HANI, 2009) comumente têm visões ingênuas sobre a NdC, o que está relacionado com a forma descontextualizada e higienizada com que, muitas vezes, a ciência é ensinada na escola (KARISAN; ZEIDLER, 2017).

Para o alcance dos objetivos deste Eixo, Karisan e Zeidler (2017) consideram que atividades envolvendo CSC, por abranger necessariamente os contextos a elas relacionados, podem promover a compreensão sobre NdC. Os autores afirmam, ainda, que a compreensão da ciência, contextualizada pelas CSC, pode levar ao melhor entendimento dos conceitos científicos, permitindo que os alunos utilizem evidências na tomada de decisão. Pois, conforme estes autores, “a CSC pode ajudar os alunos a entender aspectos da NdC que contribuem para as decisões sobre importantes questões locais, sociais e globais, para ganhar experiência na negociação de questões complexas” (KARISAN; ZEIDLER, 2017, p. 141, tradução nossa).

Também sobre as CSC para entendimento sobre a ciência, Hilário e Reis argumentam que:

A discussão das controvérsias sociocientíficas permitiu o acesso dos alunos a uma perspectiva da ciência distinta da que lhes é transmitida durante a maior parte das aulas de ciências – uma ciência objetiva, livre de valores e de influências. Através das atividades de discussão, a ciência surge-lhes como um campo onde nem sempre as soluções são únicas e que estabelece interações diversas com a sociedade. O facto das situações em análise se situarem na chamada ‘ciência de fronteira’, a qual se caracteriza por se constituir a partir de descobertas recentes e divergentes, para as quais não há consenso entre a comunidade científica [...] permitiu aos alunos uma visão da ciência diferente daquela a que estavam habituados (HILÁRIO; REIS, 2009, p. 180).

Lederman, Antink e Bartos (2014) indicaram exemplos de CSC que poderiam ser utilizadas para a compreensão dos conteúdos científicos e de aspectos da NdC. Por exemplo, a questão dos alimentos transgênicos pode ser usada para mostrar como a cultura de uma sociedade pode levar a interpretações diferentes para os mesmos dados. Os autores comparam a Europa e os EUA, a primeira tem exigências rigorosas para a rotulagem dos alimentos contendo transgênicos, já o segundo não exige a indicação da presença desses nos produtos. Desse modo, a população norte-americana não sabe em que extensão os transgênicos estão em sua dieta e são menos contrários a esses alimentos do que os europeus. No caso do Brasil, a população também não é muito informada em relação ao consumo de alimentos transgênicos. Esse é um exemplo da relação sociocultural da ciência e tecnologia. Embora essas não variem muito entre os diversos locais do mundo, a relação que as populações têm com elas varia. Além disso, esse caso evidencia a influência das questões políticas na ciência e tecnologia.

Assim, as CSC são uma forma de evidenciar as características da construção do conhecimento científico e outros exemplos do sucesso de tal abordagem podem ser encontrados em Karisan e Zeidler (2017). Os autores fizeram uma revisão dos trabalhos empíricos que envolviam o ensino e aprendizagem da NdC por meio das CSC e concluíram que “não apenas o entendimento de um indivíduo sobre a NdC altera inevitavelmente a maneira como ele responde a situações envolvendo ciência, incluindo controvérsias sociocientíficas, mas também contextos de CSC que alteram a forma como os alunos respondem/entendem a NdC”

(KARISAN; ZEIDLER, 2017, p. 147, tradução nossa). Portanto, para evitar deturpações e imagens simplistas da ciência e tecnologia, a inclusão de CSC nas aulas de ciências é apropriada e recomendada como forma de desenvolver a AC.

O terceiro eixo estruturante da alfabetização científica envolve o entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente. Durante o século XX, a ciência e a tecnologia se popularizaram e as pessoas passaram a acreditar que estas seriam capazes de resolver todos os problemas da humanidade (SANTOS; MORTIMER, 2000). No entanto, depois da Segunda Guerra Mundial, a ciência e a tecnologia passaram a ser relacionadas com as guerras e a degradação ambiental. Assim, intensificaram-se os debates acerca das relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade, surgindo o chamado movimento CTS, que visava, principalmente, a democratização das decisões (AULER; BAZZO, 2001).

O movimento CTS acabou por alterar a forma como o ensino de ciências era entendido, levando ao surgimento da Educação CTS e a proposição de novos encaminhamentos didáticos, a partir da década de 1970. Posteriormente, esse também passou a ser chamado de Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA), evidenciando as relações ambientais. No entanto, segundo Santos (2007), elas sempre estiveram presentes no movimento CTS, contudo, não necessariamente de forma prioritária, o que significa que as duas siglas têm o mesmo objetivo geral. Portanto, concordando com Santos (2007), neste artigo usamos a sigla CTS, entendendo que ela engloba as questões ambientais.

Na Educação CTS enfatizam-se as conexões entre a ciência, a tecnologia e a sociedade, tendo como objetivo “promover a educação científica e tecnológica dos cidadãos, auxiliando o aluno a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis sobre questões de ciência e tecnologia na sociedade e atuar na solução de tais questões” (SANTOS, 2007, p. 2). Portanto, o ensino com ênfase na Educação CTS não procura apenas ilustrar as relações entre o cotidiano e o conhecimento científico com exemplos de aplicação, mas se propõe a utilizar problemas reais para buscar o conhecimento necessário para entendê-los e resolvê-los, desenvolvendo o pensamento crítico.

Nesse sentido, devem ser inseridas situações reais e com significado para os alunos, como as CSC. Portanto, a discussão de CSC:

[...] articulada aos conteúdos científicos e aos contextos é fundamental, pois propicia que os alunos compreendam o mundo social em que estão inseridos e desenvolvam a capacidade de tomada de decisão com maior responsabilidade, na qualidade de cidadãos, sobre questões relativas à ciência e à tecnologia (SANTOS, 2007, p. 6).

Durante essas discussões, surgem diferentes pontos de vista que podem ser problematizados e gerar propostas coletivas pensadas com vistas ao bem comum. Afinal, a ciência e a tecnologia não são sempre benéficas e por vezes geram problemas. Assim, numa perspectiva CTS, torna-se necessário romper com os mitos da superioridade do modelo de decisões tecnocráticas, da perspectiva salvacionista e do determinismo tecnológico, que são gerados pela crença de que a ciência e tecnologia são neutras (AULER; DELIZOICOV, 2001).

O mito da superioridade do modelo de decisões tecnocráticas consiste na ideia de que o especialista é a melhor pessoa para tomar decisões de cunho científico e tecnológico, pois esse é ideologicamente neutro e estabelece a solução ótima, eliminando os conflitos de interesse. Esta crença é chamada de cientificismo, em que a ciência sempre tem superioridade teórica e prática. Nessa perspectiva tecnocrática, o processo democrático de tomada de decisão perde valor, pois

a ambiguidade e a incerteza são inaceitáveis, portanto, apenas o especialista pode decidir sobre o progresso. Desse modo, a ciência adquire corpo próprio e ganha papel de Deus. O especialista não é o responsável pelas decisões, é a ciência, ela sabe o que é melhor (AULER; DELIZOICOV, 2001).

Esse mito não condiz com os pressupostos da Educação CTS e a discussão de CSC pode auxiliar no enfrentamento dessa visão. Os cientistas e especialistas representam um dos vieses das relações CTS e têm papel fundamental no fornecimento de informações. No entanto, Karisan e Zeidler (2017, p. 144, tradução nossa) lembram que se espera que uma pessoa alfabetizada cientificamente saiba tomar decisões fundamentadas sobre tópicos que envolvem ciência e tecnologia. Destacam, ainda, que “tanto os indivíduos quanto a comunidade científica maior têm uma responsabilidade inerente de considerar as ramificações éticas de suas decisões e honrar os compromissos morais de criar um mundo justo” (KARISAN; ZEIDLER, 2017, p. 144). Reis (2007, p. 127) lembra que:

Por vezes, em algumas controvérsias (por exemplo, em torno dos impactos ambientais e sociais da construção de usinas hidroelétricas ou da co-incineração de resíduos tóxicos em usinas de cimento), as questões técnicas não obtêm resposta, apesar da vasta quantidade de informação técnica disponível [...]. Verifica-se, ainda, que controvérsias deste tipo não podem ser resolvidas simplesmente numa base técnica, pois envolvem outros aspectos, tais como hierarquizações de valores, conveniências pessoais, questões financeiras, entre outras.

Ou seja, os cientistas não são os únicos que devem decidir, a deliberação deve ser democrática e ter a participação de todos os membros da sociedade, afinal, as consequências serão sentidas por todos e não só pelos especialistas. A discussão de CSC deixa explícito esse viés, indicando que todos devem participar da tomada de decisão, sendo este um elemento fundamental do Eixo compreensão das relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

O mito da perspectiva salvacionista da ciência e tecnologia acredita que essas sempre levam ao progresso e solucionam os problemas da humanidade. Resume-se na perspectiva linear em que desenvolvimento científico leva ao desenvolvimento tecnológico, este, por sua vez, conduz ao desenvolvimento econômico que gera desenvolvimento social. Assim, todos os problemas são resolvidos com mais ciência e tecnologia e se ignora o fator social. Desse ponto de vista, a falta de alimentos, por exemplo, deve ser resolvida apenas por técnicos e especialistas, que pensam em formas de aumentar a produção de alimentos, e não por mudanças no sistema de distribuição e consumo (AULER; DELIZOICOV, 2001).

Novamente, esse mito não condiz com a Educação CTS, pois:

[...] o desenvolvimento científico-tecnológico não pode ser considerado um processo neutro que deixa intactas as estruturas sociais sobre as quais atua. Nem a Ciência e nem a Tecnologia são alavancas para a mudança que afetam sempre, no melhor sentido, aquilo que transformam. O progresso científico e tecnológico não coincide necessariamente com o progresso social e moral (AULER; DELIZOICOV, 2001, p. 125).

Os problemas sociais e econômicos dos países pobres, por exemplo, não podem ser resolvidos apenas com a aplicação de mais ciência e tecnologia. Além disso, esta não é sempre benéfica. Um exemplo bastante claro e conhecido é o caso das bombas atômicas de Hiroshima

e Nagasaki, que causaram grande devastação e consequências, que são sentidas até hoje. Ou a criação dos plásticos, por exemplo, que foi revolucionária para o mundo, pois tornou mais baratos diversos produtos, além de fornecer embalagens seguras para alimentos e outras mercadorias. No entanto, os mesmos plásticos causam problemas ambientais, devido ao seu grande tempo de decomposição e descarte incorreto, cujas reais consequências ainda estão sendo entendidas. CSC, como essas, demonstram que a ciência e tecnologia não são a salvação da humanidade, porque não são apenas boas, mas sim elementos essenciais para entender as relações envolvendo a Educação CTS.

O mito do determinismo tecnológico incorpora a ideia de que a tecnologia é sempre positiva e responsável pelo progresso, que ocorre de forma linear, ou seja, o futuro é sempre melhor e não há como voltar. Nessa perspectiva, a tecnologia gera riqueza e bem-estar social, e críticas são vistas como retrocesso ao “tempo das cavernas”, entendido como tempo ruim. Assim, a sociedade caminha em direção ao progresso sem questionar os aspectos positivos e negativos da tecnologia. Isto enfraquece a democracia, pois ela pressupõe escolha e o determinismo tecnológico legitima a visão de um único caminho, o do progresso (AULER; DELIZOICOV, 2001).

Em uma perspectiva CTS, a tecnologia não é neutra e não evolui de forma constantemente linear. Auler e Delizoicov (2001, p. 127) afirmam que “o avanço tecnológico não opera por si mesmo. As mudanças acontecem porque favorecem grupos, sendo que outros grupos oferecem resistências. Influem, no desenvolvimento tecnológico, condições econômicas, políticas e sociais, assim como organizações estatais e privadas”, ou seja, a tecnologia não é para todos. Muitas pessoas não têm acesso às inovações por questões financeiras, culturais e sociais. Além disso, é preciso tomar cuidado, pois a tecnologia pode sim melhorar a vida, mas nem tudo que é criado é necessário e precisa ser utilizado. O consumo exagerado e a obsessão por estar sempre atualizado e “na moda” são alguns dos perigos que podem estar escondidos nas inovações, que podem causar efeitos não apenas em vidas individuais, mas em todo o planeta. Estes são exemplos de discussões que estão embutidas nas CSC e que podem ajudar a desmistificar o determinismo tecnológico.

Assim, buscar a articulação entre os conteúdos científicos e as relações CTS, abrindo espaço para as CSC, é fundamental para desenvolver uma educação crítica para a cidadania (SANTOS, 2007). As CSC evidenciam as relações CTS e podem desenvolver a criticidade para questionar os mitos, como os vistos neste artigo.

## **5 A promoção da alfabetização científica por meio das questões sociocientíficas**

As CSC são uma das formas de desenvolver a AC. No entanto, ainda são poucos os professores que utilizam esta abordagem. Pois, segundo Karisan e Zeidler (2017):

Para internalizar uma mudança da prática de sala de aula tradicional para uma estrutura de CSC, é crucial que os professores estejam confortáveis com o conteúdo, demonstrem um compromisso inabalável com a investigação e reflitam sobre suas próprias práticas de ensino. Incentivar a reflexão ativa e o apoio de professores mentores ou educadores de ciências pode, sem dúvida, ajudar os professores a avaliar e ajustar suas próprias práticas (p. 141, tradução nossa).

Assim, nos parágrafos seguintes, como forma de subsidiar os professores, apresentamos três exemplos de atividades de estudo e discussão de CSC que podem ser por eles utilizados





como base para planejar suas próprias aulas. Esses exemplos foram escolhidos por representarem uma diversidade de atividades. O primeiro estudo trata-se de um projeto interdisciplinar, que durou vários meses, envolveu mais de um professor e culminou em uma feira de ciências da escola. O segundo é uma sequência didática de 40 aulas que foi aplicada por um professor em sua disciplina. E o terceiro exemplo é outra sequência didática, mas, esta, de apenas duas aulas, indicando uma opção de atividade mais curta e rápida.

Necessário destacar que esses trabalhos não foram planejados com base nos eixos estruturantes da alfabetização científica e podem ter se fundamentado em outros pressupostos teóricos da AC. É nossa a compreensão de os trabalhos analisados apresentam potencialidades de promoção da alfabetização científica, por meio dos eixos estruturantes.

O primeiro exemplo é o projeto interdisciplinar de Rodrigues *et al.* (2015). O projeto durou nove meses e contou com oito etapas, ou fases, sendo realizado por duas turmas de nono ano do Ensino Fundamental. A primeira etapa foi de apresentação do projeto aos alunos e discussão de uma notícia que falava sobre a responsabilidade social dos cientistas. O objetivo era discutir quem são os responsáveis pelas consequências dos usos de novas tecnologias e desmistificar a ideia de que o avanço da ciência é sempre positivo. Pode-se perceber, que nesta primeira etapa do projeto, o segundo eixo da AC, compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática, é evidenciado, pois, alguns aspectos da NdC podem ser discutidos com os alunos, como as influências sociais nas pesquisas científicas e o fato de que os cientistas não são pessoas geniais e totalmente neutras, portanto, desmistificando estereótipos.

Na segunda etapa do projeto foi realizada a divisão dos grupos de trabalho e escolha das CSC, sendo selecionadas as que estavam articuladas às indústrias presentes no estado do Espírito Santo. Por exemplo, uma das CSC escolhidas foi a produção e uso de fertilizantes e pesticidas na região. A terceira etapa ocorreu no laboratório de informática da escola e consistiu na recolha de informações sobre os conteúdos científicos presentes no tipo de indústria escolhida e os impactos econômicos, sociais e ambientais da produção. Nesta etapa do projeto, pode-se notar que o primeiro eixo, compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais, e o terceiro eixo, entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente, são evidenciados, pois, os alunos se apropriam dos conteúdos científicos envolvidos nas temáticas estudadas, tornando-se mais autônomos e independentes. As relações CTS também foram discutidas, fazendo com que os alunos refletissem sobre os impactos ambientais, sociais e econômicos do uso de pesticidas e fertilizantes, elementos fundamentais da Educação CTS e presentes no terceiro Eixo da AC.

Na quarta etapa, os estudantes agendaram e fizeram visitas às indústrias selecionadas e anotaram informações. Na quinta fase do projeto, essas informações foram transformadas em vídeos. Na sexta etapa, os alunos fizeram um cartaz de apresentação do projeto, contendo introdução, hipótese, desenvolvimento, conclusão e referências. Na sétima etapa, os alunos criaram materiais, como maquetes e jogos, para serem apresentados na oitava etapa, que consistiu numa feira de ciências da escola. Os autores concluíram que:

A alfabetização científica foi sendo construída ao longo de todas as etapas do projeto escolar, percebendo-se a presença dos três eixos estruturantes nas atividades pedagógicas desenvolvidas pelos alunos desse projeto escolar. Procuramos articular os pressupostos freireanos com enfoque CTS/CTSA, oportunizando os alunos um processo de descoberta do conhecimento como sujeitos protagonistas da construção do seu saber, superando a “cultura do silêncio” (RODRIGUES *et al.*, 2015, p. 79).

Portanto, este é um exemplo bem-sucedido de projeto escolar que desenvolveu a AC por meio da discussão e estudo de CSC regionais.

O segundo exemplo é a pesquisa de Mundim e Santos (2012). Tratou-se de uma experiência pedagógica desenvolvida em 40 aulas de ciências, com uma turma de oitavo ano do Ensino Fundamental. Utilizou-se como CSC “alimentação e vida saudável”, que foi trabalhada por meio “de discussões em grupo, vídeos, experiências, trabalhos em grupo, palestra com profissional da área de nutrição, textos para a discussão de temas sociais ligados ao conteúdo científico, entre outros.” (MUNDIM; SANTOS, 2012, p. 793). Nesta sequência didática, as primeiras aulas foram usadas para que os estudantes pesquisassem sobre os nutrientes e a conservação dos alimentos. Portanto, foi uma etapa em que o primeiro eixo da AC, compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais, é mais explorado. Em outras aulas, os alunos discutiram a influência dos meios de comunicação na alimentação das pessoas e como o processamento tecnológico afeta a qualidade dos alimentos. Assim, este é um momento da sequência didática que evidencia o segundo eixo, compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática, o terceiro eixo da AC, entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente. Pode-se abordar as relações CTS como, por exemplo, o fato das embalagens de alguns alimentos terem excesso de plásticos e como as pessoas descartam esses. Aspectos da NdC também podem ser evidenciados, discutindo a forma como a mídia aborda a ciência e os cientistas, por exemplo.

Os autores discutem que a atividade foi importante para “uma formação diferenciada para o ensino de ciências na perspectiva de auxiliar os alunos a compreenderem o significado do conhecimento científico para a vida e para as relações sociais que se estabelecem no decorrer dos tempos e das sociedades.” (MUNDIM; SANTOS, 2012, p. 800). Os autores argumentam ter sido possível identificar que os estudantes conseguiram compreender os conceitos científicos e articulá-los com situações do cotidiano, passando a atribuir significado para os conhecimentos adquiridos, o que corresponde ao entendimento dos Eixos Estruturantes da alfabetização científica.

O terceiro exemplo de atividade que desenvolveu a AC foi descrita por Dawson e Venville (2010). As autoras analisaram as aulas de um professor de Biologia em que esse elaborou com os alunos discussões sobre duas CSC. Os estudantes participantes eram de duas turmas do décimo ano (14-15 anos), de uma escola secundária australiana, e as discussões foram realizadas em duas aulas. Na primeira aula, a pergunta geradora do debate foi: “O tomate Flavr Savr deve ser cultivado e vendido na Austrália?”. Trata-se de um tomate geneticamente modificado que demora mais para apodrecer depois de maduro. Na segunda aula, mostrou-se um caso fictício em que o casal C, que está esperando um bebê, vai até um laboratório de genética para fazer teste de fibrose cística. A doença é causada por um gene recessivo, portanto, o bebê só pode apresentar a enfermidade se os dois pais tiverem o gene. O resultado do teste mostrou que o feto terá a fibrose cística, no entanto, um dos genes é diferente do que o senhor C possui. Isso significa que o homem não é o pai da criança. A pergunta feita aos alunos foi: “Se você fosse o consultor genético, diria ao senhor e senhora C o resultado do teste?”. Nas duas aulas, os estudantes foram instigados e procurar informações e evidências que justificassem a decisão tomada e a pensar em quais são as vantagens e desvantagens da sua escolha. Portanto, ao pesquisar os conteúdos científicos envolvidos nas situações ocorreu a promoção do primeiro eixo da AC que envolve compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais.

Os alunos também deveriam discutir as implicações ambientais, sociais, éticas, econômicas e políticas das questões analisadas. Portanto, isso significa que o terceiro eixo da AC, entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente, pôde ser estimulado, quando as relações CTS foram discutidas. Os estudantes deveriam refletir sobre as responsabilidades que os cientistas, técnicos e especialistas têm diante das informações que possuem e sobre a suposta “neutralidade” destas pessoas. Neste ponto, pode-se notar que o segundo eixo da AC, compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática, é evidenciado, pois alguns aspectos da NdC puderam ser discutidos.

Ademais, a atividade desenvolveu a educação cidadã, pois as autoras concluíram que “seus alunos também entenderam as convenções sociais e a estrutura da discussão, incluindo seus papéis de ouvir o professor e seus colegas, respondendo e fazendo perguntas, e compartilhando seus entendimentos e opiniões” (DAWSON; VENVILLE, 2010, p. 145, tradução nossa). Esse é um exemplo de atividade que durou apenas duas aulas, indicando que é possível trabalhar com CSC mesmo em situações em que o currículo é muito extenso e não existe a possibilidade de realizar um projeto ou uma sequência didática longa como os realizados por Rodrigues et al. (2015) e Mundim e Santos (2012).

## 6 Considerações finais

O objetivo deste trabalho teórico consistiu em compreender como as CSC podem promover a AC em cada um de seus três Eixos Estruturantes. Para tanto, discutimos o que é a AC e quais são suas dimensões, o que são as CSC e suas potencialidades para a formação de cidadãos críticos e, como cada um dos Eixos Estruturantes da AC pode ser enfatizado pelas CSC.

Frisamos que as CSC não são a única forma de promover a AC, no entanto, podem ajudar os docentes a estimular o crescimento intelectual e social dos estudantes. Se esperamos que os alunos pensem e formulem suas próprias opiniões, é preciso propiciar situações de reflexão. Certamente os educandos não vão se tornar intelectuais extraordinários simplesmente sendo expostos às CSC. Na verdade, produzir esta transformação é bastante difícil. No entanto, as CSC podem ser uma maneira de estimular o pensar sobre a NdC, as relações CTS, a avaliação das informações e o desenvolvimento da argumentação, aspectos que correspondem aos eixos estruturantes da AC.

Sabemos que muitos professores acreditam não ser possível realizar atividades diferenciadas em função do pouco tempo de aula e longo currículo a ser cumprido. No entanto, Karisan e Zeidler (2017, p. 139, tradução nossa) nos lembram novamente que “ao longo das últimas três décadas, a premissa fundamental da educação científica não é ensinar mais e mais conteúdo, mas sim focar o que é essencial para a alfabetização científica (AC) e ensiná-la de forma mais eficaz e de maneira autêntica aos alunos”, isto é, o foco não está mais na quantidade de conhecimentos que os alunos possuem, mas na qualidade com que aprendem tais conteúdos.

Assim, buscamos apresentar exemplos variados, como forma de subsidiar os docentes em sua prática pedagógica. Esses exemplos foram escolhidos por representarem uma diversidade de atividades. A pesquisa de Mundim e Santos (2012) é uma sequência didática de 40 aulas que foi aplicada por um professor em sua disciplina. O caso de Dawson e Venville (2010) é outra sequência didática, mas é composta por apenas duas aulas, indicando uma opção de atividade mais curta e rápida. Já o exemplo de Rodrigues *et al.* (2015) trata-se de um projeto interdisciplinar que durou vários meses, envolveu mais de um professor e culminou na feira de ciências da escola. Consideramos que todos poderiam ser usados pelos professores para



estimular o desenvolvimento dos três eixos da AC. Todavia, temos consciência de que a mudança na prática pedagógica docente não depende apenas de exemplos e modelos, mas de diversos outros fatores para além de respaldo da literatura da área de ensino de ciências e educação, pois inclui a formação inicial e continuada e a necessidade de políticas públicas que garantam condições de trabalho adequadas e favoráveis a esta mudança.

Argumentamos, finalmente, que a AC se concretiza quando o ensino de ciências contribui para a formação de cidadãos que conseguem compreender os conceitos científicos, seu processo de construção e os valores envolvidos para a tomada de decisão, estando conscientes das limitações e consequências de suas escolhas. Considerando o momento atual e as constantes mudanças pelas quais o mundo passa, acreditamos que a AC se faz especialmente importante. No entanto, é preciso pensar em uma importante pergunta que Chassot (2003, p. 99) nos fez: “Para que(m) é útil a alfabetização científica que fazemos?”.

### Referências

AULER, Décio; BAZZO, Walter Antonio. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 1, p. 1-13, 2001.

AULER, Décio; DELIZOICOV, Demétrio. Alfabetização científico-tecnológica pra quê? **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p. 122-134, jun. 2001.

BYBEE, Rodger W. Achieving Scientific Literacy. **The Science Teacher**, v.62, n.7, p. 28-33, 1995.

CHASSOT, Ático. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, n. 22, p. 89-100, 2003.

COSTA, Ellen Moreira; LORENZETTI, Leonir. Uma sequência didática para promoção da alfabetização científica abordando a temática crustáceos. In: Ana Lúcia Crisostimo; Rosemari Monteiro Castilho Foggiatto Silveira. (Org.). **Estratégias de aprendizagem para o ensino de Ciências e Matemática**. 1ed. Guarapuava: Unicentro, 2019, p. 199-218.

COSTANTIN, Ana Cristina Chaves. Museus interativos de ciências: espaços complementares de educação? **Interciencia**, Caracas, v. 26, n. 5, p. 195-200, maio 2001.

DAWSON, Vaille Maree; VENVILLE, Grady. Teaching Strategies for Developing Students' Argumentation Skills About Socioscientific Issues in High School Genetics. **Research in Science Education**, Parañaque, v. 40, p. 133-148, 2010.

DUSO, Leandro; HOFFMANN, Marilisa Bialvo. A discussão das controvérsias sociocientíficas na pesquisa em educação em ciências: uma revisão narrativa a partir de periódicos no Brasil. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, Santo Ângelo, v. 3, n. 2, p. 66-85, jul./dez. 2013.

FERNANDES, Geraldo W. Rocha; RODRIGUES, Antônio M.; FERREIRA, Carlos Alberto. Elaboração e validação de um instrumento de análise sobre o papel do cientista e a natureza

da ciência e da tecnologia. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 23, n. 2, p. 256-290, ago. 2018.

HILÁRIO, Teresa; REIS, Pedro. Potencialidades e limitações de sessões de discussão de controvérsias sociocientíficas como contributos para a literacia científica. **Revista de Estudos Universitários**, Sorocaba, v. 35, n. 2, p. 167-183, dez. 2009.

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

HURD, Paul DeHart. Scientific literacy: new minds for a changing world. **Science Education**, Georgetown, USA, v. 82, p. 407-416, 1998.

KARISAN, Dilek; ZEIDLER, Dana L. Contextualization of Nature of Science within the Socioscientific Issues Framework: A Review of Research. **International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology**, Meram, v. 5, n. 2, p. 139-152, 2017.

KOLSTO, Stein D. Scientific Literacy for Citizenship: Tools for Dealing with the Science Dimension of Controversial Socioscientific Issues. **Science Education**, Georgetown, USA, v. 85, p. 291-310, 2001.

KRUPCZAK, Carla; AIRES, Joanez A. Controvérsias sociocientíficas: uma análise da produção acadêmica brasileira. **Vidya**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 277-290, 2019.

LEDERMAN, Norman G. Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. **Journal of Research in Science Teaching**, Champaign, v. 29, n. 4, p. 331-359, 1992.

LEDERMAN, Norman G.; ANTINK, Allison; BARTOS, Stephen. Nature of science, scientific inquiry, and socio-scientific issues arising from genetics: A pathway to developing a scientifically literate citizenry. **Science & Education**, Parañaque, v. 23, n. 2, p. 285-302, 2014.

LORENZETTI, Leonir; DELIZOICOV, Demétrio. Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p. 45-61, jan./ jun. 2001.

MARQUES, Amanda Cristina Teagno Lopes; MARANDINO, Martha. Alfabetização científica, criança e espaços de educação não formal: diálogos possíveis. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 44, p. 1-19, 2018.

MILLER, Jon D. Scientific Literacy: a conceptual and empirical review. **Daedalus**, Cambridge, v. 112, n. 2, p. 29-48, 1983.

MOURA, Breno Arsioli. O que é natureza da ciência e qual sua relação com a história e filosofia da ciência? **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 32-46, jan./ jun. 2014.





MUNDIM, Juliana Viégas; SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos. Ensino de ciências no ensino fundamental por meio de temas sociocientíficos: análise de uma prática pedagógica com vista à superação do ensino disciplinar. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 18, n. 4, p. 787-802, 2012.

OLIVEIRA, Diana Nunes; CORREIA, Livia de Lima; JUNIOR, Valzenir Antônio de Albuquerque; NOVAK, Maria de Fátima Vieira. O acompanhamento do programa ciência na escola para expansão da alfabetização científica no Amazonas. **Areté – Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, Manaus, v. 9, n. 18, p. 13-22, jan./jul. 2016.

OLIVEIRA, Silvaney; GUIMARAES, Orliney Maciel; LORENZETTI, Leonir. Uma proposta didática com abordagem CTS para o estudo dos gases e a cinética química utilizando a temática da qualidade do ar interior. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 8, p. 75-105, 2015.

PÉREZ, Daniel Gil.; MONTORO, Isabel Fernández; ALÍS, Jaime Carrascosa; CACHAPUZ, Antônio; PRAIA, João. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

RANGEL, Flaminio de Oliveira.; SANTOS, Leonardo Sioufi Fagundes dos; RIBEIRO, Carlos Eduardo. Ensino de física mediado por tecnologias digitais de informação e comunicação e a literacia científica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, n. especial 1, p. 651-677, set. 2012.

REIS, Pedro. Os temas controversos na Educação Ambiental. **Pesquisa em Educação Ambiental**, v. 2, n. 1, p. 125-140, 2007.

RODRIGUES, Luciana do N.; BATISTA, Rivana S.; LEITE, Sidnei Quezada Meireles; GRECO, Sandro J.; NETO, Álvaro C.; JUNIOR, Valdemar Lacerda. Educação química no projeto escolar “Quixaba”: alfabetização científica com enfoque CTSA no ensino fundamental a partir de temas sociocientíficos. **Orbital: The Electronic Journal of Chemistry**, Campo Grande, v. 7, n. 1, p. 59-80, jan./ mar. 2015.

SADLER, Troy.; ZEIDLER, Dana. Patterns of informal reasoning in the context of socioscientific decision making. **Journal of Research in Science Teaching**, Maryland, USA, v. 42, p. 112-138, 2005.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. **Ciência & Ensino**, Piracicaba, v. 1, n. especial, p. 1-12, nov. 2007.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira; MORTIMER, Eduardo Fleury. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 110-132, dez. 2000.

SASSERON, Lúcia. Helena; CARVALHO, Ana Maria Pessoa de. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v.16, n.1. p. 59-72, 2011.

