

Uma Sistematização das Críticas aos Princípios Heurísticos Representativos da Natureza das Ciências⁺*

Ronivan Sousa da Silva Suttini¹

Instituto Federal de Mato Grosso do Sul

Campus Três Lagoas – MS

João José Caluzi¹

Universidade Estadual Paulista

Campus Bauru – SP

Nádia Cristina Guimarães Errobidart¹

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Campus Campo Grande – MS

Resumo

Discussões sobre a Natureza das Ciências (NdC) são relevantes para a formação de professores de disciplinas científicas, pois além de fornecer subsídios para construção de uma imagem mais autêntica sobre o trabalho científico, possibilita abordagens mais críticas e reflexivas na prática docente. Todavia, os pesquisadores divergem sobre “o que” e “como” a NdC pode ser mais bem ensinada. Nesse contexto, a abordagem designada visão consensual sobre a NdC tem enfrentado cada vez mais críticas quanto à sua forma e conteúdo. Embora seja possível identificar trabalhos que analisam cada uma dessas críticas, são escassas as tentativas que visam agrupá-las de tal forma que se possa construir uma visão geral sobre o assunto. Este artigo apresenta uma sistematização das críticas atribuídas à visão consensual sobre a NdC e aos NOS tenets na literatura brasileira de pesquisa em ensino de ciências. Realizamos uma análise de 37 artigos publicados em periódicos proeminentes e nos cinco referenciais críticos frequentemente citados pelos autores. Identificamos 13 críticas principais, as quais foram organizadas em três dimensões (categorias), de acordo com o

⁺ A Systematization of Criticisms of Heuristic Principles Representative of the Nature of Sciences

^{*} Recebido: 12 de dezembro de 2022.

Aceito: 29 de março de 2023.

¹ E-mails: ronivan.silva@ifms.edu.br; joao.caluzi@unesp.br; nadia.guimaraes@ufms.br

enfoque observado: A) Problemas de Instrução Pedagógica (04 críticas); B) Problemas Epistêmicos (04 críticas); e C) Problemas de Seleção dos NOS tenets (05 críticas). Observou-se que as citações dos autores se concentram nas categorias A e B. A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que esse debate será longo, uma vez que ainda demanda evidências empíricas, discussão, reflexão e argumentação tanto por apoiadores quanto por críticos da visão consensual da NdC e dos NOS tenets.

Palavras-chave: *História e Filosofia da Ciência; Natureza da Ciência; Visão Consensual; Revisão Bibliográfica; Lederman.*

Abstract

Discussions about the Nature of Science (NOS) are relevant to forming teachers in scientific disciplines. In addition to supporting the construction of a more authentic image of scientific work, it allows the implementation of more critical and reflective approaches in teaching practice. However, researchers diverge on "what" and "how" to teach NOS better. In this context, the so-called consensus view on NOS has increasingly faced criticism regarding its form and content. Although it is possible to identify studies that analyze each of these criticisms, attempts to group them in such a way as to build a general view of the subject are scarce. This article presents a systematization of the criticisms attributed to the consensual view on NOS and NOS tenets in the Brazilian literature on science education research. We analyzed 37 articles published in prominent journals and the five critical frameworks frequently cited by the authors. We identified 13 main criticisms, which were organized into three dimensions (categories) according to the observed focus: A) Problems of Pedagogical Instruction (04 criticisms); B) Epistemic Problems (04 criticisms); and C) Problems of Selection of NOS tenets (05 criticisms). One observed that the citations of the authors concentrated in categories A and B. Based on the results obtained, one can conclude that this debate will be long, as it still requires empirical evidence, discussion, reflection, and argumentation by supporters and critics of the consensual view of NoS and NOS tenets.

Keywords: *History and Philosophy of Science; Nature of Science; Consensus Vision; Literature Review; Lederman.*

I. Introdução

Pode-se afirmar que, atualmente, existe um aparente consenso entre pesquisadores acerca do *porquê* discussões explícitas/reflexivas sobre a chamada “Natureza das Ciências”² (NdC) podem ajudar na construção de cidadãos letrados cientificamente. Objetiva-se formar indivíduos cientes, com um entendimento mais preciso sobre as práticas científicas, que disponham de conhecimentos, habilidades, competências, senso crítico para avaliação de informações e tomada de decisões socialmente mais responsáveis acerca de problemas envolvendo ciência, tecnologia, sociedade, ambiente e as relações existentes entre eles.

No entanto, a mesma literatura relata a existência de uma controvérsia acadêmica, na qual são contrastadas diferentes perspectivas sobre *o que e como* a NdC pode ser mais bem ensinada.

De um lado, tem-se a conhecida visão consensual sobre a NdC, desenvolvida, principalmente, pelo grupo de pesquisa liderado pelo professor Norman G. Lederman (1951-2021) e por seus seguidores, no início dos anos 2000. Essa perspectiva de ensino caracteriza-se como uma possível resposta para a seguinte pergunta: “*O que deve ser ensinado (e avaliado) sobre a NdC aos estudantes e professores de disciplinas científicas?*”. Seus defensores procuram delimitar aquilo que julgam essencial, acessível e útil, em uma abordagem pedagógica sobre a NdC, deixando de lado as controvérsias acadêmicas entre filósofos, sociólogos e historiadores das Ciências, porque tais contradições são consideradas por eles desinteressantes, abstratas e de difícil compreensão para muitos estudantes da educação básica. Além disso, eles sustentam que essas controvérsias “[...] são demasiadamente esotéricas para ter consequências imediatas em sua vida cotidiana” (ABDEL-KHALICK; BELL; LEDERMAN, 1998, p. 418, tradução nossa).

De outro lado, tem-se o que pode ser denominado de novas abordagens sobre a NdC. Com efeito, a visão consensual sobre a NdC tem enfrentado críticas desde os seus primeiros dias de vida, e ao mesmo tempo, outras alternativas foram propostas. Os trabalhos de Alters (1997), McComas e Olson (1998b) e Eflin, Glennan e Reisch (1999) já chamavam a atenção para a impossibilidade de definir, o que quer que seja, a NdC para filósofos, historiadores e sociólogos. Recentemente, propostas alternativas consideradas mais amplas e flexíveis, como de Adúriz-Bravo (2007), Allchin (2011), Irzik e Nola (2011), Matthews (2012) e Martins (2015), têm ganhado muitos apoiadores, apresentando argumentos acerca das implicações negativas para formação crítica de estudantes e professores, quando se exclui os aspectos não consensuais e controversos sobre a NdC do ensino de ciências.

² Frequentemente a sigla NdC é utilizada para referir-se à expressão “Natureza da Ciência”, no singular. Todavia, os autores deste trabalho compartilham do entendimento de que essa expressão está muito aquém da representação da riqueza e das particularidades do empreendimento científico. Logo, optou-se por utilizar a sigla NdC para referir-se ao termo “Natureza das Ciências”, no plural, uma vez que muitos pesquisadores concordam com o fato de que não existe uma única e verdadeira Ciência, mas sim distintas áreas de estudos científicos, tais como: Ciências Físicas, Ciências Biológicas, Ciências Sociais, Ciências Econômicas, Ciências Policiais, entre outras.

Embora seja possível identificar, na literatura de pesquisa em ensino de ciências, trabalhos que exploram, analisam (MARTINS, 2015; MOURA; CAMEL; GUERRA, 2020; FERREIRA; CUSTÓDIO, 2022) e, até mesmo, contestam os argumentos sustentados por algumas dessas propostas alternativas (RODA; MARTINS, 2021), ainda são escassas as tentativas que se propõem a agrupar as críticas à visão consensual sobre a NdC com a finalidade de construir uma imagem geral sobre o assunto. O mesmo pode ser observado nos estudos de revisão bibliográfica, de caráter mais geral, sobre o desenvolvimento e as tendências dessa linha de pesquisa (MOURA, 2014; AZEVEDO; SCARPA, 2017).

Diante de uma tendência de aumento anual de pesquisas sobre a NdC³, corroborada, por exemplo, pela revisão sistemática de trabalhos sobre concepções de NdC no ensino de ciências realizada por Azevedo e Scarpa (2017), observa-se o surgimento de novas críticas, sugerindo que uma possível sistematização é importante e necessária.

Considerando a complexidade e relevância do debate sobre *de que maneira* a NdC pode ser mais bem discutida no ensino de ciências, este artigo apresenta uma sistematização das críticas atribuídas à visão consensual sobre a NdC, nas duas últimas décadas, em periódicos brasileiros. Este estudo também foi motivado em virtude da percepção dos autores da necessidade de auxiliar outros pesquisadores a compreender, analisar e posicionar-se criticamente quanto à atual controvérsia acadêmica com relação à temática.

Dessa forma, objetiva-se responder as seguintes questões de pesquisa:

- Quais as principais críticas à visão consensual sobre a NdC, presentes em periódicos brasileiros?
- Quais os enfoques mais importantes dessas críticas e como podem ser utilizados como critério para uma possível sistematização?
- Em quais referenciais críticos os pesquisadores tendem a se apoiar para justificar seu respectivo posicionamento no debate acadêmico, acerca dos prós e contras da visão consensual sobre a NdC?

Nosso trabalho está estruturado em cinco seções. A seguir, na segunda seção apresentamos uma síntese sobre a visão consensual da NdC. Na terceira seção os procedimentos metodológicos. Na quarta a análise e discussão dos resultados e, por fim, na quinta nossas conclusões e considerações finais sobre o tema.

II. A Visão Consensual sobre a Natureza das Ciências

A visão consensual sobre a NdC foi construída na virada do século XX para o XXI. Pode-se citar os trabalhos de Lederman (1992), McComas e Olson (1998b), Lederman *et al.* (2002), Gil Pérez *et al.* (2001), Vázquez-Alonso *et al.* (2001), Fernández *et al.* (2002) e

³ Embora tenha restringido sua pesquisa somente à literatura brasileira de ensino de Biologia, a revisão de Mattos e Silva (2022) também aponta para uma tendência de aumento anual de artigos científicos envolvendo NdC (ver Figura 1, p. 6).

Osborne *et al.* (2003) como proeminentes na divulgação e consolidação dessa perspectiva de ensino.

Esses autores argumentam que, para fins exclusivamente pedagógicos, mesmo diante das atuais controvérsias acadêmicas entre historiadores, filósofos e sociólogos das Ciências sobre o Problema da Demarcação⁴, e considerando que algum ensino, mesmo com limitações *sobre* as Ciências, é melhor que nenhum, na educação básica o mais razoável é o professor esquivar-se do Problema da Demarcação em suas aulas de Ciências, à medida que se constrói uma imagem bem-informada acerca do trabalho científico, com base em um conjunto de aspectos ou princípios epistêmico. Faz-se, assim, uma lista de itens declarativos, de caráter geral, sobre os quais haveria um forte consenso entre os pesquisadores no que diz respeito ao que se espera que os estudantes aprendam acerca das práticas científicas (IRZIK; NOLA, 2011; MARTINS, 2015).

Buscando definir quais seriam os princípios epistêmicos considerados essenciais, acessíveis e úteis em uma abordagem pedagógica *sobre* as Ciências, várias listas “consensuais” foram elaboradas ao longo do tempo. Elas contêm afirmações curtas e diretas sobre as práticas científicas, porém generalizadas, objetivando contemplar o máximo possível de questões relacionadas à Filosofia, História e Sociologia das Ciências. A mais reconhecida (e mais polêmica) é a lista de princípios epistêmicos, denominada na literatura em ensino de ciências de *NOS tenets*⁵ ou *Lederman Seven*.

De acordo com Lederman *et al.* (2002), aspectos consensuais que formam uma visão bem-informada sobre NdC caracterizam as Ciências como uma atividade: (i) empiricamente fundamentada (baseada ou derivada de observações do mundo natural); (ii) que requer uso da imaginação e criatividade; (iii) subjetiva, isto é, envolve preferências pessoais, escolhas metodológicas decorrentes de teorias anteriores; (iv) influenciada pelo contexto econômico, político, social, cultural e tecnológico no qual ela é construída; (v) realizada por tentativa e erro, isto é, está sujeita a mudanças; (vi) que possui uma diversidade ampla de métodos de investigação, em vez de um método universal, rígido, fechado e algoritmo; e (vii) as funções, relações e distinções entre teorias científicas e leis.

Esses sete itens declarativos (doravante *NOS tenets*) sobre a NdC são considerados representativos das diversas pesquisas acerca de uma possível visão consensual sobre a NdC. Também estão (oni)presentes em outras “listas consensuais”, mas não devem ser considerados exaustivos, conforme ressalta Lederman *et al.* (2002).

⁴ O chamado “Problema da Demarcação” foi apresentado pelo filósofo da ciência Karl Popper (1902-1994), em sua obra *Lógica da pesquisa científica*, como sendo o “problema de estabelecer um critério que nos habilite a distinguir entre as ciências empíricas, de uma parte, e a Matemática e a Lógica, bem como os sistemas ‘metafísicos’, de outra” (POPPER, 2013, p. 33).

⁵ Os *NOS tenets* (*Nature of Science tenets*), cuja tradução é “Princípios da Natureza da Ciência”, representam a construção de uma lista de princípios, valores e objetivos sobre a natureza do conhecimento científico que seriam consenso entre todos (ou a maioria) os especialistas, de diferentes áreas (Filosofia, Sociologia, História, Educação, Psicologia) da NdC sobre as principais características do empreendimento científico. Para uma descrição mais detalhada, ver Lederman *et al.* (2002, p. 500-502).

A escolha dos *NOS tenets* pelo professor Lederman e seus colaboradores influenciou importantes reformas curriculares educacionais de vários países (MATTHEWS, 2012). Além disso, uma vez definido *o que ensinar sobre* as Ciências, também se definiu *o que* deveria ser avaliado. Assim, os *NOS tenets* também foram tomados como uma espécie de *checklist* da NdC, um referencial para a construção de diversos instrumentos de coleta de dados sobre as concepções de NdC de estudantes e professores. Entre eles, um dos mais utilizados pelos pesquisadores é o questionário *Views of Nature of Science Questionnaire – version C* (VNOS-C), também elaborado por Lederman e colaboradores. É composto de dez questões abertas, que buscam avaliar e caracterizar as visões dos respondentes, sobre diferentes aspectos relacionados às práticas científicas.

Conforme Matthews (2012), há muitos pontos positivos a serem valorizados com a consolidação da visão consensual da NdC na literatura de pesquisa em ensino de ciências. Dentre eles se destacam: a possibilidade concreta de inserir a NdC nas salas de aula; fornece aos pesquisadores instrumentos válidos e confiáveis para medir a aprendizagem dos estudantes sobre a NdC; e permite que professores e estudantes tenham momentos para pensar a respeito de algumas questões relacionadas às práticas científicas.

Todavia, segundo Martins (2015), a visão consensual sobre a NdC é uma abordagem de ensino que tem enfrentado cada vez mais críticas, tanto em relação à sua forma quanto ao seu conteúdo. O autor salienta que, embora os pesquisadores reconheçam que qualquer conteúdo, *conceitual* ou *metacientífico*, como no caso da NdC, necessariamente é submetido a algum tipo de processo de “transposição didática” (CHEVALLARD, 1985), ao ser levado para as salas de aula implica simplificações, ajustes e/ou omissões. Também têm apontado vários pontos negativos e críticas a essa abordagem de ensino. Critica-se, até mesmo, a própria essência de visão consensual. Neste trabalho, essas críticas são o objeto de estudo.

III. Procedimentos Metodológicos e Desenvolvimento

III.1 Definindo Parâmetros

Para esta pesquisa, de natureza qualitativa e do tipo análise bibliográfica, adotaram-se como ponto de partida os estudos de revisão bibliográfica realizados por Vilas Boas *et al.* (2013), Moura (2014) e Azevedo e Scarpa (2017). De início, buscou-se identificar o período no qual surgiram os primeiros trabalhos que apontavam críticas diretas à visão consensual sobre a NdC, bem como a sugestão de propostas que argumentavam em prol da valorização de aspectos controversos *sobre* as Ciências no ensino de ciências. A partir disso, delimitou-se que o intervalo de tempo de análise seria de 1996 a 2021, ou seja, os últimos 25 anos.

O escopo da análise engloba um conjunto de periódicos vinculados ao sistema *Qualis*⁶. Os critérios para seleção do material a ser analisado foram: a) periódicos “nacionais”; b) foco principal em artigos de pesquisa acadêmica originais sobre Educação em Ciências (Biologia, Física e Química) e Matemática, abordando problemáticas centrais da área de “ensino”, com acesso livre e integral aos trabalhos e com plataformas dispondo de mecanismos de buscas por meio de palavras-chave; c) classificados nas categorias “A1, A2 e B1” no quadriênio 2013-2016⁷, os quais correspondem aos índices mais procurados para publicação.

Levando em consideração esses critérios, foram selecionados 14 periódicos brasileiros (Quadro 1), nos quais posteriormente foram buscados os artigos científicos que discutiam, em alguma medida, as críticas à visão consensual sobre a NdC.

III.2 Definição do *Corpus* da Investigação

Para fins de seleção, foram definidas nove palavras-chave, utilizadas nos mecanismos de buscas dos periódicos estudados: “Natureza da Ciência”; “Aspectos Consensuais”; “História e Filosofia da Ciência”; “Visão Consensual”; “Debate sobre a Natureza da Ciência”; “Controvérsias sobre a Natureza da Ciência”; “Visão de Ciência”; “Imagem da Ciência”; “Natureza do Conhecimento Científico”. Essas palavras-chave foram estabelecidas após uma leitura flutuante de artigos constante na bibliografia acerca da temática.

Em seguida, foram feitas leituras dos títulos, resumos e palavras-chave dos artigos selecionados. Quando necessário e pertinente, também houve uma leitura “flutuante” do texto, com o objetivo de verificar o alinhamento da temática exposta no artigo com o objetivo principal da investigação. Essa etapa da análise restringiu o *corpus* da pesquisa a um total de 37 artigos.

O Quadro 1 apresenta a distribuição dos artigos selecionados por periódico. Também foram observados o nome da revista, bem como o da respectiva instituição de ensino responsável pela edição e publicação, a classificação no sistema *Qualis*/CAPES, o ISSN e o número de artigos selecionados.

⁶ Sistema brasileiro de avaliação de revistas científicas gerenciado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), que classifica e relaciona os veículos utilizados pelos programas de pós-graduação *stricto sensu* (mestrado e doutorado) quanto ao alcance de circulação, área de pesquisa e qualidade.

⁷ Fez-se uso da classificação de periódicos disponível na Plataforma Sucupira referente ao quadriênio 2013-2016.

Quadro 1 – Periódicos consultados, ISSN e o total de artigos selecionados.

<i>Qualis</i>	Periódico	ISSN	Número de Artigos
A1	Ciência & Educação (UNESP)	1980-850X	4
	Revista Brasileira de Ensino de Física (Sociedade Brasileira de Física – SBF)	1806-9126	0
	Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG)	1983-2117	4
	Revista Acta Scientiae (Universidade Luterana do Brasil - ULBRA)	2178-7727	0
	Cadernos de Pesquisa (Universidade Federal do Maranhão - UFMA)	2357-8130	0
A2	Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia (Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC)	1982-5153	8
	Caderno Brasileiro de Ensino de Física (Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC)	2175-7941	5
	Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências - ABRAPEC)	1806-5104	6
	Investigações em Ensino de Ciências (Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS)	1518-8795	2
	Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas (Universidade Federal do Pará - UFPA)	2317-5125	1
	Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia (Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR)	1982-873X	0
B1	Revista Química Nova na Escola (Sociedade Brasileira de Química – SBQ)	2175-2699	1
	Revista Brasileira de História da Ciência (Sociedade Brasileira de História da Ciência – SBHC)	2176-3275	4
	Experiências em Ensino de Ciências (Universidade Federal do Mato Grosso do Sul - UFMT)	1982-2413	2
TOTAL			37

Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao final do texto, nos Anexos A e B (p. 40-47), estão disponíveis outras informações detalhadas sobre *o corpus* da investigação. Nos quadros apresentados no Anexo A (p. 40), pode-se observar, para cada um dos artigos selecionados, o nome dos autores, o periódico, o ano de publicação e enfoque principal do estudo. Além disso, identificou-se com asteriscos o nível de “profundidade das discussões”⁸: (*) Os autores apenas citam as críticas apontadas

⁸ Considerando nosso critério de classificação quanto à “profundidade das discussões”, devemos fazer uma observação importante a fim de evitar indesejáveis juízos de valor negativo quanto aos 37 trabalhos analisados. Muitas investigações empíricas fizeram uso do constructo NdC de forma instrumental, estando fora do escopo (e

pelo referencial, algumas vezes, somente como notas de rodapé; (**) Os autores comentam brevemente alguns aspectos e/ou exemplificam as críticas apontadas pelo referencial; e (***) Os autores discutem em detalhes e em profundidade os argumentos críticos apontados pelo referencial. Também pode-se observar os principais referenciais críticos adotados e citados nos trabalhos analisados. Por fim, as “Referências do *Corpus* da Investigação” estão dispostas no Anexo B (p. 43) para auxiliar o leitor em pesquisas futuras sobre a temática.

É razoável inferir, tendo em vista os critérios adotados e os objetivos da pesquisa, bem como a ocorrência frequente das mesmas críticas, que foi possível selecionar uma amostra representativa para fins de análise. No entanto, é importante enfatizar que os 37 artigos que compõem o *corpus* da investigação não representam a totalidade dos estudos que abordam as críticas à visão consensual sobre a NdC na literatura de pesquisa em ensino de ciências. Em primeiro lugar, porque nossa análise restringiu-se somente a trabalhos publicados em periódicos brasileiros, todos em língua portuguesa. Em segundo lugar, porque outros constructos mais atuais, como a versão de “semelhança familiar” (“*Family Resemblance Approach*” – *FRA*, em inglês) de Dagher e Erduran (2016), ainda são pouco discutidos na literatura latino-americana.

Considerando que o objetivo principal, neste estudo, é apresentar uma organização geral da visão consensual sobre a NdC, as críticas a ela, identificadas em três dimensões (categorias), construídas *a posteriori*, foram sistematizadas de acordo com o enfoque observado, a saber: A) “*Problemas de Instrução Pedagógica*”, que se divide em quatro subcategorias (críticas a1, a2, a3 e a4); B) “*Problemas Epistêmicos*”, com quatro subcategorias (críticas b1, b2, b3 e b4); e C) “*Problemas de Seleção dos NOS tenets*”, composta de cinco subcategorias (críticas c1, c2, c3, c4 e c5). Na seção a seguir, de análise e discussão dos resultados, serão discutidos para cada uma das categorias e subcategorias (ver Quadro 2).

Como última etapa, também foi feita uma leitura integral dos principais referenciais críticos⁹ citados nos 37 artigos analisados, visando ajustes e complementações na categorização inicial, além de identificar críticas que, eventualmente, seus autores possam ter ignorado. Como resultado, essa etapa contribuiu para aumentar a confiabilidade das informações.

espaço) delas incluir um aprofundamento com relação às críticas à visão consensual. Como essa discussão não era parte essencial dos seus objetivos, ressaltamos que não se deve inferir qualquer tipo de avaliação negativa da qualidade desses trabalhos com base em nosso critério “profundidade das discussões” (*, **, ***).

⁹ Estes referenciais estão indicados na coluna “Referenciais” na descrição organizada separadamente no Anexo A (p. 40).

IV. Análise e Discussão dos Resultados

Com base nas informações coletadas, é pertinente uma análise geral, no que diz respeito a três aspectos evidenciados em nosso estudo. Em primeiro lugar, as leituras realizadas evidenciaram que os pesquisadores empregam os mesmos referenciais críticos para sinalizar as fragilidades, tanto na forma como no conteúdo, da visão consensual sobre a NdC, a saber: “*Family Resemblance Approach*” (IRZIK; NOLA, 2011); “*Nature of Whole Science*” (ALLCHIN, 2011); “*Features of Science*” (MATTHEWS, 2012); “Temas e Questões” (MARTINS, 2015); e “*Structuring Theoretical Fields*” (ADÚRIZ-BRAVO, 2007), com maior ocorrência para os dois primeiros. Esse fato pode ser interpretado como uma tendência de preferência teórico-metodológica dos pesquisadores para uso em abordagens pedagógicas sobre aspectos de NdC. Outros também foram identificados na análise, porém, com menor frequência, a saber: Clough (2006); Duschl e Grandy (2013); Hodson e Wong (2014); Dagher e Erduran (2016).

Em segundo lugar, evidenciou-se o total de 19 de trabalhos identificados com apenas um asterisco (*), praticamente a metade dos trabalhos analisados. Neles, as críticas à visão consensual sobre a NdC são apresentadas brevemente, em geral, na seção de “introdução”, como uma forma de justificar as escolhas teórico-metodológicas dos autores. Em contraste, observou-se que cinco artigos selecionados apresentam uma discussão detalhada e aprofundada sobre os argumentos apontados pelos referenciais críticos. São eles: Bejarano, Adúriz-Bravo e Bonfim (2019); Mendonça (2020); Moura, Camel e Guerra (2020); Pereira e Gurgel (2020); e Roda e Martins (2021), estes identificados com três asteriscos (***). Entre eles, o artigo de Roda e Martins (2021) se diferencia dos demais, uma vez que os autores realizam uma análise da crítica apresentada por Matthews (2012) referente aos problemas na visão consensual da NdC e aos *NOS tenets* propostos Lederman *et al.* (2002).

Por um lado, Matthews (2012) defende uma mudança de terminologia para “Características das Ciências” para evitar aquilo que ele considera “armadilhas filosóficas educacionais” decorrentes da mistura irrefletida de aspectos históricos, epistemológicos, sociológicos e até mesmo psicológicos intrínsecos aos *NOS tenets*. Por outro lado, Roda e Martins (2021, p. 10) afirmam que “Matthews (2012) parece não compreender ou, no pior dos casos, parece ignorar o contexto no qual esses aspectos foram selecionados”. Segundo eles, os *NOS tenets* não devem ser interpretados como “uma lista declarativa que deveria ser decorada e avaliada em seguida, como Matthews (2012) sugere. Eles servem como um ponto de partida para a discussão que deve ser adaptada aos níveis das séries correspondentes e fomentarão o aprendizado futuro. Tais divergências entre esses pesquisadores ilustram, pelo menos um pouco, o estágio atual do nível de discussão e reflexão na controvérsia acadêmica sobre *o que e como* melhor abordar a NdC no ensino de ciências.

Por fim, em terceiro lugar, observou-se que a maioria dos trabalhos está associada a formações de professores. Evidenciou-se que oito deles são direcionados ao público-alvo da educação básica (07 para ensino médio e 01 para ensino fundamental), a saber: Bagdonas,

Zanetic e Gurgel (2014); Vital e Guerra (2014); Santos (2018); Brenzam-Filho e Andrade (2019); Schmiedecke e Porto (2015); Cardoso *et al.* (2015); Silva e Almeida (2020); e Nagayoshi e Scarpa (2021). Todavia, somente os quatro primeiros analisaram efetivamente as respectivas abordagens didáticas implementadas em salas de aula.

IV.1 As Críticas à Visão Consensual sobre a NdC e aos *NOS tenets*

Nesta seção, são analisadas as 13 críticas (subcategorias) identificadas na investigação. O Quadro 2 mostra o nome atribuído a cada categoria, sua descrição e as respectivas subcategorias.

As críticas categorizadas dificilmente podem ser vistas de forma isolada e individual. Pelo contrário: tal categorização se mostrou bastante complexa e entrelaçada, em vários momentos. Determinadas críticas – como a “*Crítica a1: Prejuízos à Educação Científica Plena*” – apresentam algum grau de correspondência, ou de desdobramento ou de articulação, com outras – como a “*Crítica a3: Estímulo à Aprendizagem Mecânica*” e a “*Crítica a4: Avaliação Não Funcional*”. Sugere-se ao leitor que reflita e avalie, em conjunto com os autores, em que medida determinada crítica possui um papel que reforça ou conecta, e até mesmo, origine outras críticas.

Quadro 2 – Identificação e descrição das três dimensões (categorias) e das respectivas subcategorias elaboradas para organização e sistematização das críticas à visão consensual sobre a NdC e aos *NOS tenets*.

Dimensão/Categoria	Descrição	Subcategorias
A) Problemas de Instrução Pedagógica	São apresentadas as críticas que dão ênfase às fragilidades na apresentação dos <i>NOS tenets</i> , isto é, como itens declarativos descontextualizados sobre NdC que devem ser transmitidos (e avaliados) pelos professores e memorizados pelos estudantes. Na visão dos autores, que concordam com essas críticas, tal escolha é bastante problemática do ponto de vista pedagógico, uma vez que não são valorizados momentos importantes de discussão e reflexão explícitas sobre os aspectos da NdC. Afastam-se demasiadamente	<i>Crítica a1: Prejuízos à Educação Científica Plena</i> ¹⁰ <i>Crítica a2: Itens Descontextualizados</i> <i>Crítica a3: Estímulo à Aprendizagem Mecânica (memorização)</i> <i>Crítica a4: Avaliação Não Funcional</i>

¹⁰ Por “educação científica plena (crítica)”, referimo-nos à perspectiva educacional cujo objetivo é uma formação científica voltada para o exercício da cidadania do indivíduo. Uma “educação científica plena” permite ao cidadão participar e se envolver em discussões sobre questões sociocientíficas, bem como compreender a relevância de saberes tanto quanto sobre as Ciências, em particular aqueles diretamente relacionados à preparação para a tomada de decisões de interesse social (PRAIA; GIL-PÉREZ; VILCHES, 2007; ALLCHIN, 2011; IRZIK; NOLA, 2011).

	dos propósitos de um ensino de ciências voltado para a formação crítica e o exercício da cidadania plena.	
B) Problemas Epistêmicos	Evidenciam-se as críticas envolvendo propriamente os debates e as controvérsias acadêmicas, na maioria das vezes de natureza filosófica, sobre a (im)possibilidade e real necessidade de se estabelecer um suposto consenso sobre a NdC, bem como sua contribuição para fins pedagógicos, ainda que seja polêmica.	<p><i>Crítica b1:</i> Visão Monolítica da Ciência</p> <p><i>Crítica b2:</i> Ausência de Controvérsias Epistemológicas</p> <p><i>Crítica b3:</i> Controvérsias sobre Terminologias</p> <p><i>Crítica b4:</i> Não Diferencia a Ciência de outras Atividades Intelectuais</p>
C) Problemas de Seleção dos <i>NOS tenets</i>	São apresentadas críticas quanto ao processo de escolha de quais aspectos devem ser privilegiados em uma “lista consensual” sobre a NdC. Muitas críticas enfatizam sua incoerência e incompletude, bem como a pertinência e necessidade de inclusão de outros aspectos que, frequentemente, são deixados de lado. Entretanto, são considerados muito mais importantes para a formação crítica das pessoas segundo Allchin (2011), por exemplo.	<p><i>Crítica c1:</i> Ausência de Aspectos Relacionados à Investigação Científica</p> <p><i>Crítica c2:</i> <i>NOS tenets</i> “consensuais” variam de 8 a 16 itens</p> <p><i>Crítica c3:</i> <i>NOS tenets</i> “colonizadores”</p> <p><i>Crítica c4:</i> <i>NOS tenets</i> contém tensões, incoerências, contradições e admitem exceções.</p> <p><i>Crítica c5:</i> Riscos de Estímulo ao “Relativismo Exacerbado”</p>

Fonte: Elaborado pelos autores.

A) Problemas de Instrução Pedagógica

Nos Quadros 3 a 6, são apresentadas as críticas, classificadas em quatro subcategorias (críticas a1, a2, a3 e a4), bem como os principais referenciais que as justificam. Além disso, ao fim do título dos quadros, é informado o número de trabalhos nos quais foram citadas explicitamente. Isso possibilita ao leitor reconhecer a frequência de cada crítica, em comparação ao total de 37 artigos que compõem o *corpus* da investigação.

Quadro 3 – Crítica a1: Prejuízos à Educação Científica Plena – 10 citações.

Descrição/Justificativa	Referenciais
Os <i>NOS tenets</i> não favorecem o objetivo de promover uma educação científica plena (crítica) – isto é, auxiliar os cidadãos nas tomadas de decisões pessoais e sociais sobre tópicos que envolvem Ciências.	Allchin (2011) Matthews (2012)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Há um amplo consenso de que discussões e reflexões sobre a NdC no ensino de ciências são essenciais para a formação de cidadãos críticos letrados cientificamente. Trata-se de uma perspectiva de educação científica em prol do exercício da cidadania plena das pessoas. Matthews (2012), por exemplo, defende que os *NOS tenets* devem ser pensados como diferentes “*Características da Ciência*” (em inglês, “*Features of Science*” – *FOS*) a serem elaboradas, discutidas e investigadas, em vez de itens a serem aprendidos, memorizados e avaliados. Vejamos alguns uns exemplos de outros autores que compartilham da *Crítica a1*:

Contudo, quando visto na perspectiva das teorias curriculares, mais uma vez fazemos do projeto educativo não um exercício de reflexão crítica, mas apenas a apreensão de um conjunto de ideias prontas. [...] A contradição que se dá é que se faz do próprio tema “Natureza da Ciência” uma perspectiva educacional pouco filosófica, no sentido que não se valoriza o questionamento, a análise de seus fundamentos e a tomada de posição individual em relação ao que é apresentado (BAGDONAS; ZANETIC; GURGEL, 2014, p. 244).

Tendo em vista essa dimensão reflexiva do processo educativo, não serão observados resultados satisfatórios se os alunos forem orientados apenas a “aprender” os itens de uma lista de aspectos da NdC, proposta pelo professor. A imposição de pontos de vista, ainda que considerados adequados, é ineficaz para promover uma educação científica crítica (VITAL; GUERRA, 2014, p. 233).

Nesse contexto, a *Crítica a1* sustenta que a visão consensual sobre a NdC, tanto em sua forma, como em seu conteúdo, não apresenta evidências empíricas de que, após intervenções pedagógicas, os estudantes conseguem fazer uso crítico dos conhecimentos *sobre* as Ciências na análise de casos e possíveis tomadas de decisão individual ou coletiva.

Segundo Allchin (2011, p. 523, tradução nossa), para atingir os objetivos propostos pela educação científica do século XXI, “[...] o ensino de NdC precisa ser funcional, e não declarativo”. O autor sinaliza que não há garantias de que tais objetivos educacionais se concretizem por meio de abordagens pedagógicas fundamentadas apenas no conhecimento declarativo dos princípios de uma “lista consensual”. Ele considera improvável que estudantes e professores estarão aptos a analisar satisfatoriamente questões investigadas pelas Ciências, tais como a credibilidade de fontes, informações e de reivindicações científicas.

De acordo com Garcia e Camillo (2021b), a abordagem consensual da NdC busca simplificações excessivas, facilmente aceitas, caracterizando-se como um “processo de pasteurização”, que leva a(s) Ciência(s) a um *status* no qual ela seria inquestionável, incontroversa e, portanto, totalmente alinhada aos cânones positivistas que ela se propôs a superar como objetivo principal.

Em suma, com um total de dez citações, a *Crítica a1*, descrita no Quadro 3, questiona a exagerada ênfase nos consensos apresentados pela visão consensual sobre a NdC e pelos *NOS tenets*, e não no contraditório. Afirma-se que esse tipo de abordagem pedagógica,

bem como os diversos instrumentos avaliativos dela decorrente, pouco contribui para favorecer que os estudantes analisem criticamente questões que emergem da interação problemática entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.

Não obstante, deve ser ressaltado que os prejuízos à educação científica plena (*Crítica a1*) possui articulações com as outras críticas, que envolvem, por exemplo, problemas epistêmicos (especialmente as *Crítica b1* e *Crítica b2*) e problemas de seleção de *NOS tenets* (categoria C). Retomaremos esses pontos de articulações ao longo do texto.

Quadro 4 – Crítica a2: Itens Descontextualizados – 9 citações.

Descrição/Justificativa	Referenciais
Em virtude de seu formato como lista de princípios desprovida de contexto, o “real” significado dos <i>NOS tenets</i> pode ser facilmente distorcido ou mal compreendido por estudantes e professores.	Clough (2006) Matthews (2012)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Trata-se de uma crítica a respeito da forma descontextualizada como os *NOS tenets* predominantemente são apresentados a estudantes e professores e posteriormente, avaliados. Os autores apontam alguns prejuízos decorrentes a tentativa ensinar algo *sobre* as Ciências sem a devida e adequada contextualização. Entre eles: estímulo a uma aprendizagem mecânica (*Crítica a3*); uso de uma metodologia de ensino ultrapassada, baseada, exclusivamente, na transmissão de *conteúdos metacientíficos* (*Crítica a1*); e avaliações cujos resultados pouco informam sobre as reais concepções de NdC dos respondentes (*Crítica a4*).

Ainda mais importante, segundo os autores que concordam com a *Crítica a2*, ao não explicitar e discutir, dentro de um contexto específico, o que cada *NOS tenets* significa, há um enorme risco de que as informações sejam facilmente distorcidas por estudantes e professores. Vejamos alguns exemplos de citações que enfatizam como o aspecto “7. *A natureza ‘tentativa’ do conhecimento científico*”, central na visão consensual sobre a NdC, pode ser facilmente distorcido e levar a conclusões indesejadas:

A ideia de que a “ciência é tentativa” pode ser (e tem sido) usada injustificadamente na discussão pública para enfraquecer o consenso científico sobre os perigos ambientais das mudanças climáticas de causas antropogênicas. Os criacionistas têm seguido uma tática similar, alegando que os darwinistas são “dogmáticos” e, portanto, fracassaram quanto aos ideais científicos do ceticismo e da mente aberta. A afirmação declarativa de que a “ciência é tentativa”, sem contexto, pode ser grosseiramente distorcida (ALLCHIN, 2011, p. 528, tradução nossa).

Princípios sobre a natureza da ciência podem ser facilmente mal compreendidos e usados de modo abusivo. Estudantes, com frequência, veem as coisas como “preto” ou “branco”. Por exemplo, quando discutia o caráter histórico provisório da

ciência, há alguns anos, ao ensinar ciências na escola secundária, meus estudantes saltavam do extremo de ver a ciência como conhecimento absolutamente verdadeiro para o outro extremo, como conhecimento não confiável. Era necessário muito esforço para movê-los para uma posição mais intermediária. Colegas contaram-me sobre estudantes que perguntavam por que eles tinham que aprender o conteúdo científico se ele estava sempre mudando (CLOUGH, 2007, p. 34, tradução nossa).

Para os autores [Elby e Hammer (2001)], o uso do critério de provisoriade na ciência no ensino pode ser improdutivo, porque pode levar a uma visão relativista e ingênua da ciência, na qual o conhecimento científico é visto como uma construção arbitrária humana, sem os constrangimentos impostos pela natureza (MENDONÇA, 2020, p. 7).

Aprendizes da natureza da ciência devem entender o caráter provisório da ciência. No entanto, não podem imaginar que a ciência muda da noite para o dia (BEJARANO; ADÚRIZ-BRAVO; BONFIM, 2019, p. 975).

Com um total de nove citações, a *Crítica a2*, mostrada no Quadro 2, possui várias implicações, desdobramentos e consequências. Embora os *NOS tenets* tragam verdades parciais sobre o que são as Ciências, em virtude de apresentá-las fora de um contexto, sem sutilezas e com a pretensão de serem gerais, eles induzem os professores a optarem por abordagens pedagógicas que privilegiam a transmissão e a memorização de *conteúdos metacientíficos*, por meio das quais estariam deixando de discutir e refletir sobre o que cada aspecto realmente significa. Além disso, pode-se afirmar que, para muitos pesquisadores, essa seja uma das principais fragilidades encontradas na visão consensual sobre a NdC, como abordagem pedagógica.

Quadro 5 – Crítica a3: Estímulo à Aprendizagem Mecânica (memorização) – 12 citações.

Descrição/Justificativa	Referenciais
Os <i>NOS tenets</i> tornam-se algo que os professores devem transmitir (dizer ou apresentar) – e os estudantes devem saber (memorizar ou decorar) – em vez de algo a ser investigado, discutido, refletido e argumentado em aulas de disciplinas científicas.	Allchin (2011) Matthews (2012)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com um total de 12 citações, a *Crítica a3*, apresentada no Quadro 5, é uma consequência direta da forma descontextualizada de apresentação dos *NOS tenets*, por meio de itens declarativos a estudantes e professores (*Crítica a2*). Ela, por sua vez, alerta quanto ao risco de um ensino de ciências que não advoga em prol de uma educação científica plena (*Crítica a1*).

Vejamos alguns exemplos de citações cujos autores compartilham da *Crítica a3*:

O lado negativo é que a lista pode, apesar dos desejos de seus criadores, funcionar como um mantra, como um catecismo, como mais uma coisa a ser aprendida. Em vez de professores e alunos lerem, analisarem e chegarem às suas próprias opiniões sobre as questões da NOS, a lista, geralmente, causa um curto-circuito em tudo isso (MATTHEWS, 2012, p. 11, tradução nossa).

Assim, encontraríamos professores utilizando a lista de aspectos “consensuais” sobre a Natureza da Ciência como um novo currículo a ser ensinado. [...] Para não reduzir o ensino de ciências à mera memorização de slogans sobre a pretensa verdadeira Natureza da Ciência, é essencial que os aspectos da Natureza da Ciência sejam apresentados de forma mais rica a partir de episódios históricos (BAGDONAS; ZANETIC; GURGEL, 2014, p. 4-5).

Mostra uma visão muito pobre da ciência, por exemplo, ao simplesmente afirmar “não existe um método científico universal e atemporal”. Apesar de essa afirmação ser consensual, ao dizer apenas isso os professores estariam deixando de ilustrar as diferentes metodologias gerais utilizadas pelos cientistas em sua prática, como o método hipotético-dedutivo ou evitar modificações ad hoc nas teorias salvando-as de possíveis refutações (IRZIK; NOLA, 2011, p. 593, tradução nossa).

De fato, trata-se de um argumento pertinente, uma vez que “[...] tal uso acríptico vai contra o próprio objetivo de inserção da Natureza da Ciência no ensino de ciências” (RODA; MARTINS, 2021, p. 4). Em outros termos, à medida que um estímulo à aprendizagem mecânica acontece (no sentido ausubeliano), a visão consensual sobre a NdC “torna-se diretamente antiética para muitos dos objetivos do pensamento crítico e reflexivo que a maioria considera a razão para a inserção da NdC (ou da História e Filosofia da Ciência) no currículo” (MATTHEWS, 2012, p. 11, tradução nossa). Para Vázquez-Alonso *et al.* (2008, p. 13), a visão consensual sobre a NdC “está mais próxima de uma doutrinação do que de uma educação de espíritos críticos e mentes abertas à criatividade”.

Assim como o ensino de *conteúdos científicos*, quando fundamentado em abordagens pedagógicas que privilegiam somente a transmissão e a memorização, é fortemente criticado por pesquisadores da área em ensino de ciências, a mesma rejeição, por motivos idênticos, também se estende aos *conteúdos metacientíficos*, presentes no ensino *sobre* as Ciências, por meio da *Crítica a3*. Isso é ainda mais notório quando se compartilha de um discurso que objetiva valorizar igualmente os *conteúdos científicos* e *metacientíficos*.

De acordo com Allchin (2011, p. 524, tradução nossa), “[...] as listas curtas de características da NdC devem ser reconhecidas como inerentemente incompletas e insuficientes para o letramento científico funcional”. Para o autor, os *NOS tenets* são descontextualizados e não contemplam outros aspectos importantes da NdC que contribuiriam, significativamente, para situações da vida real das pessoas, especialmente para analisar: a credibilidade das afirmações científicas; o papel do financiamento na pesquisa científica; a motivação do cientista ao fazer Ciência; o processo de revisão do conhecimento

entre os pares; as bases cognitivas da Ciência; as fraudes e a validação de novos métodos científicos, entre outros.

Quadro 6 – Crítica a4: Avaliação Não Funcional – 9 citações.

Descrição/Justificativa	Referenciais
É equivocada a pressuposição de que o aprendizado a respeito da Natureza da[s] Ciência[s] pode ser julgado e avaliado pela capacidade de os alunos identificarem determinado número de enunciados declarativos a respeito da natureza da ciência.	Allchin (2011) Matthews (2012)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com um total de nove citações, a *Crítica a4* é direcionada às fragilidades metodológicas dos instrumentos de coleta de dados. Eles são, frequentemente, utilizados pelos pesquisadores adeptos da visão consensual sobre a NdC e dos *NOS tenets*, como a série de questionários VNOS proposta por Lederman *et al.* (2002). Com efeito, essa crítica é uma consequência direta de uma instrução pedagógica baseada na apresentação dos itens declarativos (*NOS tenets*) de forma descontextualizada. Afinal, dada as características particulares de uma abordagem de ensino que privilegia a mera transmissão e memorização de *conteúdos metacientíficos*, tem-se uma metodologia de avaliação que necessariamente deve estar alinhada a esses pressupostos de ensino.

Nessa mesma linha de raciocínio, outros autores argumentam:

Uma vez que estes questionários são definidos previamente, mais uma vez, há o desprezo do contexto em que essas experiências educativas são levadas a cabo e há o reforço da preocupação em padronizar os resultados de diferentes realidades (MOURA; CAMEL; GUERRA, 2020, p. 13).

Isto porque o aluno afirmar, por exemplo, que inferências são distintas de observações, não garante que ele saiba usar esse conhecimento de forma procedimental ao analisar um enunciado e perceber se há dados que o corroboram em termos de confiabilidade e suficiência, para que seja possível estabelecer certas conclusões (MENDONÇA, 2020, p. 8).

Avaliar crenças sobre ciência não é o ponto central do que se espera de um entendimento sofisticado de NdC, pois a independência intelectual é um dos objetivos da Educação Científica. Isto porque educar não visa somente os sujeitos adquirirem as crenças corretas, mas ter as adequadas razões para essas crenças. A independência intelectual ou pensamento crítico requer dos sujeitos argumentar, analisar posições contrárias e refutá-las, e ainda, ser capaz de criticar as próprias posições (MENDONÇA, 2020, p. 12).

Todavia, essas listas não foram contextualizadas com o objetivo de “tomada de decisão pessoal e social” envolvendo a Ciência. Ainda não há evidências de que a mera recordação ou compreensão de tais NOS tenets seja adequada para aplicá-los eficientemente em contextos (como nos casos exemplificados). O entendimento de NdC precisa ser funcional, não declarativo. As listas consensuais, portanto, são deficientes ou têm seu foco deslocado (ALLCHIN, 2011, p. 523, tradução nossa).

De acordo com os autores que compartilham da *Crítica a4*, apresentada no Quadro 6, os questionários baseados em afirmações descontextualizadas não possuem autenticidade e são incapazes de evidenciar habilidades do pensamento crítico e analítico dos respondentes de forma satisfatória. Para Allchin (2011), é insuficiente, como objetivo educacional, que os estudantes apenas compreendam uma lista de princípios declarativos de NdC, mas eles devem ser capazes de realizar uma análise crítica das afirmativas científicas em seu cotidiano. O autor afirma que, acima de tudo, “[...] estudantes devem desenvolver um entendimento de como a[s] Ciência[s] funciona[m], com o objetivo de interpretar a credibilidade das afirmações científicas para a tomada de decisão individual e coletiva” (ALLCHIN, 2011, p. 521, tradução nossa). Em outros termos, para Allchin (2011), a principal contribuição da NdC para a vida dos estudantes é prepará-los para a análise e interpretação de controvérsias sociocientíficas complexas, nas quais eles precisam decidir sobre *o que* e em *quem* confiar.

Em resumo, na perspectiva dos autores que compartilham da *Crítica a4*, um entendimento funcional sobre a NdC pode ser mais bem mobilizado e avaliado quando são exigidos processos cognitivos de análise e interpretação da credibilidade das afirmações científicas em situações complexas. Tanto em episódios históricos como em controvérsias sociocientíficas contemporâneas, as quais possibilitariam evidenciar um nível mais confiável das “reais” concepções de NdC de estudantes e professores.

A *Crítica a4* está intimamente ligada à pergunta: qual conhecimento de NdC deve ser ensinado e avaliado? Essa pergunta é indissociável da própria concepção de Lederman e seus colaboradores em relação ao que é NdC. Os autores, por exemplo, não incluem na visão consensual da NdC alguns aspectos epistemológicos mais específicos com relação ao processo de investigação científica, especialmente com relação aos métodos e procedimentos. Essa visão será abordada mais adiante, na *Crítica c1* – a qual contém outra delimitação designada por eles de *Nature of Scientific Inquiry – NOSI*.

No entanto, Allchin (2012) salienta a impossibilidade de separar o processo científico de seu produto, de forma que a epistemologia do conhecimento científico é intrínseca à NdC. Nesse sentido, há uma clara divergência entre os autores em relação à própria concepção de conhecimento e, conseqüentemente, em relação ao que será ensinado e avaliado. Enquanto Schwartz *et al.* (2012) critica a ideia de *Whole Science*, afirmando que essa traz a NdC como habilidades, não conhecimentos, Allchin (2012) explicita sua visão de conhecimento atrelada ao contexto de uso, o que se reflete como competência.

Como último destaque envolvendo a *Crítica a4*, especificamente em relação ao questionário proposto por Lederman *et al.* (2002), o VNOS, Allchin (2011) identifica três problemas, a saber: (i) foi elaborado unicamente para propósitos de pesquisas educacionais, não para contextos reais de salas de aula; (ii) o uso de respostas livres com entrevistas complementares, para assegurar a validade, torna o trabalho do pesquisador “pesado” e impraticável para qualquer aplicação em larga escala; e, por fim, (iii) a avaliação se dá na verdade sobre as “crenças” dos respondentes.

Sobre o problema de avaliar de acordo com as “crenças”, o autor sustenta que o objetivo educacional para a inclusão da NdC no ensino de ciências é promover o entendimento de como funcionam as práticas científicas e auxiliar estudantes na tomada de decisão individual e coletiva sobre controvérsias sociocientíficas. Não se trata de transmitir determinada visão epistemológica, que, ao contrário do desejo dos defensores da visão consensual sobre a NdC e dos *NOS tenets*, infelizmente se aproxima muito de uma visão pós-positivista e otimista na idealização das Ciências.

B) Problemas Epistêmicos

Nos Quadros 7 a 10, são apresentadas as críticas classificadas em quatro subcategorias (críticas b1, b2, b3 e b4), bem como os principais referenciais que as justificam. Igualmente, ao fim do título de cada quadro é informado o número de trabalhos nos quais elas foram citadas explicitamente.

Quadro 7 – Crítica b1: Visão Monolítica da Ciência – 23 citações.

Descrição/Justificativa	Referenciais
Não considera as particularidades e heterogeneidades significativas, existentes entre as diversas áreas das Ciências, nem as mudanças ocorridas no fazer científico ao longo do tempo.	Irzik e Nola (2011) Matthews (2012)

Fonte: Elaborado pelos autores.

A *Crítica b1* foi identificada como a mais recorrente na investigação, com um total de 23 citações. Em sua perspectiva, uma “lista consensual” sobre NdC não contemplaria outros aspectos igualmente importantes sobre atividade científica. Ao simplificar as diversas Ciências, mediante uma lista de itens declarativos descontextualizados, pode-se fazer generalizações que não são aplicáveis a todas as áreas científicas (MOURA; CAMEL; GUERRA, 2020; IRZIK; NOLA, 2014; HODSON; WONG, 2014).

De acordo com Irzik e Nola (2011), o até então “insolúvel” Problema da Demarcação entre os filósofos, historiadores e sociólogos das Ciências, corrobora o fato de que o empreendimento científico é muito mais complexo, dinâmico e plural do que uma “lista consensual” consegue representar. Os autores apontam que “[...] a visão consensual retrata uma imagem muito monolítica da[s] Ciência[s] e é cega em relação às diferenças entre as

disciplinas científicas. Por exemplo, astronomia e cosmologia são muito diferentes, digamos, da química, por elas não serem disciplinas experimentais” (IRZIK; NOLA, 2011, p. 593, tradução nossa).

Além disso, conforme evidenciado pelos autores, mesmo entre as disciplinas consideradas experimentais, existem muitas diferenças em relação aos métodos e às regras metodológicas empregadas. Como argumentos, os autores citam que os métodos experimentais duplo-cego e triplo-cego são considerados “padrão ouro” em estudos clínicos, envolvendo testagem de novos medicamentos ou de dispositivos médicos. Em contrapartida, na Física experimental, esses métodos são praticamente inconcebíveis. Da mesma forma, na área da Física, as teorias devem fazer previsões matemáticas extremamente precisas (por exemplo: a Teoria da Relatividade Geral predisse com muita acurácia o valor do desvio na trajetória da luz, ao passar próximo a um campo gravitacional). Na Biologia, embora a bem-sucedida Teoria da Evolução explique a evolução das espécies, ela não produziu nenhuma previsão matemática. Logo, segundo os autores, “[...] se pensarmos nessas características como candidatas à definição da[s] Ciência[s], nenhuma definição necessária e suficiente surgiria” (IRZIK; NOLA, 2011, p. 595, tradução nossa).

Na mesma linha de raciocínio, Ferreira e Custódio (2021) afirmam que o ensino de aspectos da NdC, muitas vezes, é baseado em uma epistemologia pós-positivista, que emergiu com base em estudos sobre a Física. Como resultado, tem-se a construção de uma imagem “adequada” do fazer científico somente pela perspectiva dos físicos, desconsiderando as particularidades de outras áreas, igualmente científicas.

Ainda, segundo outros autores,

Existem diferenças significativas entre os campos disciplinares da ciência, como os tipos de questões que se propõem a investigar; as técnicas e metodologias utilizadas nas investigações; o tipo de evidência a que têm acesso, como utilizam, e com quão extensão a experimentação; a forma como os dados são coletados, a forma como as conclusões são avaliadas e a maneira como são reportadas (MENDONÇA, 2020, p. 6).

Segundo os autores [Irzik e Nola (2011)], é algo problemático porque existem diferenças dentro das ciências inseridas em um processo de construção histórica. Portanto, para eles, considerar um consenso em relação à NdC seria desconsiderar as particularidades das diversas áreas da ciência (BRENZAM-FILHO; ANDRADE, 2019, p. 306).

Detalhando um pouco mais a *Crítica b1*, apresentada no Quadro 7, com relação à imagem monolítica das Ciências transmitida pela perspectiva da visão consensual sobre a NdC e dos *NOS tenets*, Irzik e Nola (2011) comentam que, nessa abordagem de ensino, a NdC é caracterizada como fixa, rígida e atemporal. Desse modo, estudantes e professores interpretam erroneamente que as práticas científicas não têm história, ou que sua natureza não se modificou ao longo do tempo. Todavia, lembram os autores, os estudos de História das

Ciências evidenciam que a NdC modificou e evoluiu. Embora, lentamente, cada vez mais, as disciplinas científicas tornaram-se mais “matemáticas” e novas regras metodológicas foram incorporadas aos procedimentos do fazer científico.

Em suma, os autores que compartilham da *Crítica b1* argumentam que o emprego da visão consensual sobre a NdC e dos *NOS tenets* elimina as diferenças entre as diversas Ciências individuais (Arqueologia, Geologia, Zoologia, Física, Química, Biologia etc.). Constrói-se uma imagem simplista, homogênea e inadequada da NdC, que parece ser fixa e atemporal. Parafraseando Irzik e Nola (2011), advoga-se que as práticas científicas envolvem atividades tão ricas e tão dinâmicas que, dificilmente, poderiam ser descritas sob o pretexto de um conjunto estático de regras ou aspectos.

Quadro 8 – Crítica b2: Ausência de Controvérsias Epistemológicas – 8 citações.

Descrição / Justificativa	Referenciais
Por definição intrínseca de origem, os <i>NOS tenets</i> não podem contemplar controvérsias epistemológicas sobre a NdC.	Allchin (2011) Irzik e Nola (2011) Matthews (2012) Martins (2015)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com um total de oito citações, a *Crítica b2* trata de um argumento contrário ao objetivo principal da construção da visão consensual sobre a NdC: a obtenção de um “consenso” sobre alguns aspectos de NdC para fins pedagógicos. Matthews (2012, p. 4, tradução nossa) argumenta que essa visão pressupõe e privilegia uma perspectiva filosófica “essencialista da Ciência”, na qual “[...] ainda é uma posição controversa e muito debatida com respeito à metodologia e à ‘Natureza’ da[s] Ciência[s]”.

Alters (1997) analisou as concepções sobre a NdC de 176 membros da Associação de Filosofia da Ciência dos Estados Unidos (*Phylosophy of Science Association*) e evidenciou que existem, pelo menos 11, visões distintas entre esses epistemólogos. Enquanto para Eflin, Glennan e Reisch (1999, p. 108, tradução nossa), “[...] a maior parte dos filósofos da Ciência e educadores que refletiram sobre essa questão considera que essa visão essencialista não pode ser sustentada, pois cada Ciência possui suas especificidades”.

Elenca-se outras citações diretas que compartilham da *Crítica b2*, com relação à ausência de aspectos epistemológicos controversos:

Em primeiro lugar, é importante afirmar que, para nós, está claro que um consenso em nível filosófico é inatingível. A ciência é um empreendimento social complexo demais para que ela possa ter uma caracterização única. [...] Essa riqueza de pontos de vista permite realçar diferentes aspectos da prática científica que contribuem para plasmar a visão pessoal de cada indivíduo acerca da ciência (MARTINS, 2015, p. 706).

A busca por determinados consensos é, sem dúvida, possível, mas, além de limitadora, pode não ser a melhor alternativa para o estabelecimento de uma imagem mais atual e menos distorcida da ciência, em termos epistemológicos (PEDUZZI; RAICIK; 2020, p. 22).

Para que os alunos possam compreender as diferenças e semelhanças entre ciência e religião, é inevitável que sejam abordados aspectos não consensuais sobre a natureza da ciência, como o chamado “Problema da Demarcação”: uma das questões mais controversas da epistemologia contemporânea (BAGDONAS; ZANETIC; GURGEL, 2014, p. 5).

Em geral, os autores que compartilham da *Crítica b2*, afirmam que é bastante arriscado – e desnecessário – estabelecer uma “concepção adequada sobre a Natureza das Ciências” como se fosse a única visão correta. Para Matthews (2012), seria muito mais enriquecedor para o ensino de Ciência uma discussão aberta, ou uma abordagem investigativa, sobre as “Características da Natureza da Ciência” (*Features of Science – FOS*), mostrando que existem debates e posições filosóficas alternativas que podem ser (e têm sido) adotadas acerca da NdC.

Quadro 9 – Crítica b3: Controvérsias sobre Terminologias – 3 citações.

Descrição/Justificativa	Referenciais
Não há consenso sobre qual a terminologia mais adequada para denominar a área de pesquisa na literatura em ensino de ciências, revelando entendimentos diversos quanto ao real significado da expressão “Natureza das Ciências”.	Krogh e Nielsen (2013) Martins (2015)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Como consequência da longa controvérsia epistemológica acerca da existência, ou não, de uma designada “Natureza das Ciências” (*Crítica b2*), muitas terminologias surgiram ao longo do tempo, de tal forma que as definições nem sempre significam a mesma coisa.

Segundo Allchin (2011), por características culturais e históricas, as discussões sobre a NdC enfrentam profundas ambiguidades e contradições em suas terminologias. O próprio termo “Natureza da[s] Ciência[s]”, especialmente com sua referência ao significado atribuído à palavra “natureza”, tende a ser interpretado como algo inerente, *in nato*, de essência universal. Em contraste, as práticas científicas são amplamente reconhecidas como uma “construção” do empreendimento humano contingente.

Segundo Martins (2015), entre as principais terminologias encontradas na literatura em ensino de ciências, destaca-se o termo “Natureza da Ciência” (NdC), em inglês “*Nature of Science*” (NOS), como a principal e mais utilizada pelos pesquisadores. Outros trabalhos optam pelas expressões “Saber sobre a Ciência” (“*Knowledge about Science*”), “Como a Ciência funciona” (“*How Science Works*”), “Epistemologia da Ciência” (“*Epistemology of*

Science”); “Ideias sobre a Ciência” (“*Ideas about Science*”) e, por fim, “Características da Ciência” (CdC), em inglês “*Features of Science*” (FOS), proposta por Matthews (2012). Segundo esse autor,

Vale ressaltar que nesta definição [visão consensual] tanto os aspectos epistemológicos quanto os sociológicos estão incluídos sob o guarda-chuva da NOS. Isso dispara alarmes de campanhas filosóficas; isso deveria ser suficiente para sugerir uma mudança na “Natureza da Ciência” para “Características da Ciência” (MATTHEWS, 2012, p. 9, tradução nossa).

De acordo com os três trabalhos analisados que compartilham da *Crítica b3*, apresentada no Quadro 9, essas diferentes terminologias refletem a historicidade do debate acadêmico acerca de *como e o que* deve ser ensinado *sobre* as Ciências nos currículos escolares. Além disso, mostram que um suposto consenso sobre a NdC ainda não existe, nem mesmo para fins pedagógicos.

Quadro 10 – Crítica b4: Não Diferencia a Ciência de outras Atividades Intelectuais – 3 citações.

Descrição / Justificativa	Referenciais
Abordagens pedagógicas baseadas na visão consensual sobre a NdC e nos <i>NOS tenets</i> são incapazes de diferenciar as Ciências em relação a outras formas de conhecimento. Além disso, não reconhece que as Ciências apresentam diversas características comuns a outras formas de conhecimentos.	Irzik e Nola (2011) Matthews (2012) Hodson e Wong (2014)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Pode-se reconhecer que a *Crítica b4* está intimamente ligada ao fato de que as “listas consensuais” apresentam os *NOS tenets* de forma descontextualizada (*Crítica a2*) e à tentativa de construção de uma visão monolítica das Ciências (*Crítica b1*). Hodson e Wong (2014), Garcia e Camillo (2021a, p. 227-228), advogam que “[...] a maioria dos elementos consensuados não são exclusivos da ciência, isto é, não serve para caracterizar a atividade científica em contraste com qualquer outra atividade humana”, como a religião, a filosofia ou as artes.

Segundo Matthews (2012, p. 4, tradução nossa), a visão consensual sobre a NdC “[...] pressupõe uma solução particular para a controvérsia sobre a demarcação”, isto é, transmite algo que não existe entre filósofos, sociólogos e historiadores das Ciências. Como alternativa, Matthews (2012) sugere tratar a possibilidade da demarcação como apenas mais uma das várias “Características da Ciência”, sobre as quais professores e estudantes se debruçariam para analisar, assim, tornando-a um objetivo de investigação.

Do mesmo modo, utilizando o conceito de “semelhança familiar”, Irzik e Nola (2011) afirmam que existem muitas características em comum em todas as Ciências, e até mesmo com outras atividades humanas, como por exemplo, o aspecto epistemológico *observação e inferência*. Portanto, para eles, alguns dos *NOS tenets* não podem ser usados para formar uma definição da “Natureza” das Ciências, nem para estabelecer uma demarcação das Ciências entre outras atividades humanas. Segundo os autores, diversas outras profissões também possuem tais características científicas em seu dia a dia, não sendo essas profissões, todavia, consideradas atividades científicas, tais como analistas do mercado de ações, juízes e professores. Como alternativa, os autores argumentam que a proposta de “semelhança familiar” “[...] resolve, ou, mais corretamente, dissolve o problema da definição e da demarcação” (IRZIK; NOLA, 2011, p. 602, tradução nossa).

A *Crítica b4* foi identificada em três trabalhos. Os autores sustentam, principalmente, que abordagens pedagógicas baseadas na visão consensual sobre a NdC e nos *NOS tenets* são incapazes de diferenciar de forma exclusiva e inequívoca as práticas científicas de outras atividades humanas:

Por exemplo, afirmar que a ciência é uma atividade criativa não nos diz muito sobre este tipo de conhecimento, uma vez que esta característica também é compartilhada pelas artes, pela publicidade, pelo design ou por quase toda atividade intelectual humana. Uma melhor abordagem seria jogar luz às características que a diferencia de outros empreendimentos humanos (PEREIRA; GURGEL, 2020, p. 1289-1291).

Aspectos presentes na abordagem consensual tais como imaginação, criatividade, ciência como empreendimento humano, fazem parte de outros modos de produção do saber, assim como de outras atividades humanas, como a arte e a estética, a antroposofia e a religião (MENDONÇA, 2020, p. 11).

Muitas discordâncias possuem raízes nas diferentes escolhas teórico-metodológicas e filosóficas dos pesquisadores sobre como promover discussões explícitas e reflexivas sobre a NdC no contexto de sala de aula. Ao mesmo tempo, pode-se lidar com os possíveis questionamentos dos estudantes e professores, envolvendo o “Problema da Demarcação”. Tais discordâncias, aparentemente, em razão de seu caráter subjetivo, dificilmente serão resolvidas entre os pesquisadores.

Mas a *Crítica b4*, mostrada no Quadro 10, é uma crítica válida e justa? Talvez sim, talvez não. Lederman e seus colaboradores insistem que a visão consensual sobre a NdC e os *NOS tenets* apenas se esquia do “Problema da Demarcação”. O autor objetiva ressaltar aquilo que pode ser considerado fortemente consensual entre os estudiosos sobre as práticas científicas. Portanto, como premissa, a visão consensual sobre a NdC e os *NOS tenets* não foi elaborada (muito menos aceita) como uma solução possível e particular para o “Problema da Demarcação”.

Em contrapartida, Allchin (2012) discorda dessa visão “fortemente consensual” entre os estudiosos, que ele chama de “autoridade do consenso”, construído historicamente por meio de acordos políticos. Para ele, os documentos governamentais não esclarecem as razões nem o processo de seleção dos *NOS tenets*. Voltaremos a essa discussão logo adiante, quando tratarmos da *Crítica c2* (*NOS tenets “consensuais” variam de 8 a 16 itens*), mas o fato de existirem diferentes lista consensuais sobre a NdC na literatura de pesquisa reforça os apontamentos de Allchin (2012).

Outro ponto a ser considerado é que tanto nos três trabalhos que apresentam a *Crítica b4* quanto nos referenciais citados no Quadro 10, a crítica é formulada citando individualmente algum dos *NOS tenets*, que é comum a outras formas de conhecimento ou outras atividades humanas, e não em conjunto com todos os sete *NOS tenets*. De outro modo, os críticos argumentam, por exemplo, que “*observação e inferência*” estão presentes em várias outras atividades intelectuais – ex: investigador policial –, mas pode-se perguntar: todos os *Lederman Seven* se encaixam, ao mesmo tempo, nessas outras profissões? Salientamos que essa questão não encontra resposta nos referenciais aqui analisados, nem nos três trabalhos que compartilham da *Crítica b4*.

No entanto, compartilhamos que é razoável inferir que a visão consensual sobre a NdC, mesmo contra o desejo de seus idealizadores, sinaliza implicitamente, aos professores e estudantes, possíveis respostas equivocadas com base nos *NOS tenets* às perguntas como: “Afim, o que são as Ciências?” e “Como diferenciar as Ciências de outras atividades intelectuais?”. Nesse sentido, mesmo quando se analisa os sete *NOS tenets* em seu conjunto, a *Crítica b4* pode ser considerada válida e cabível.

Segundo Pereira e Gurgel (2020), os defensores da visão consensual sobre a NdC sempre estiveram mais preocupados com os repetidos diagnósticos sobre as visões ingênuas, positivistas e mal-informadas de professores e estudantes sobre as Ciências, como exemplificadas no trabalho de Gil Pérez *et al.* (2001). Além disso, as novas propostas, tais como as de Allchin (2011), Irzik e Nola (2011), Matthews (2012) e Martins (2015), também não podem (e não desejam) ser consideradas uma solução para o “Problema da Demarcação”.

C) Problemas de Seleção dos NOS tenets

Nos Quadros 11 a 15, são apresentadas as críticas, classificadas em cinco subcategorias (críticas c1, c2, c3, c4 e c5), bem como os principais referenciais que as justificam. Além disso, ao fim do título dos quadros, é informado o número de trabalhos nos quais foram citadas explicitamente.

Quadro 11 – Crítica c1: Ausência de Aspectos Relacionados à Investigação Científica – 3 citações.

Descrição/Justificativa	Referenciais
Não considera, ou não discute, de modo mais profundo os processos, valores, métodos de investigação científica, alegando que a NdC se refere apenas aos fatores epistemológicos subjacentes à atividade científica.	Allchin (2011) Irzik e Nola (2011) Matthews (2012) Martins (2015)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Foram identificados três trabalhos que compartilham da *Crítica c1*. A seguir, são mostradas algumas citações que sinalizam uma concordância com essa crítica:

Não deveria haver separação entre NdC e investigação (inquiry), e o aprendizado sobre NdC seria beneficiado por meio da experiência de fazer ciência (MARTINS, 2015, p. 712).

Algo que a abordagem consensual não faz, porque, além das características não atenderem a todas estas esferas, parte do princípio que práticas não contam como conhecimento de NdC. [...] No entanto, para saber distinguir a ciência dos outros campos dos saberes, torna-se necessário pensar nos processos ou práticas da ciência (MENDONÇA, 2020, p. 11).

As metodologias para a criação de hipóteses, modelos e teorias, bem como as regras metodológicas de testagem de hipóteses, comparação e escolha de teorias, são, segundo defendem os autores, aspectos cruciais que caracterizam a ciência como um empreendimento de investigação crítica, sem as quais é impossível explicar sua objetividade (IRZIK; NOLA; 2011, p. 601-602, tradução nossa).

Tanto quanto a lista de consenso NOS inclui muitos itens irrelevantes para um letramento científico funcional, ela também omite muitos outros relevantes. O papel significativo da credibilidade, por exemplo (mesmo entre os cientistas), raramente aparece. De fato, todos os itens sobre a interação social dos cientistas, especialmente o sistema de controle e equilíbrios pelas críticas mútuas, estão tipicamente ausentes. As listas também desconsideram o papel do financiamento, motivações, revisão pelos pares, vieses cognitivos, fraude e a validação de novos métodos (ALLCHIN, 2011, p. 524, tradução nossa).

De acordo com Martins (2015), esse é o ponto crucial e mais divergente (falta de consenso) nos trabalhos sobre os *NOS tenets*, com implicações diretas sobre a escolha dos conteúdos metacientíficos a serem ensinados. O autor argumenta que os pesquisadores simpatizantes da visão consensual sobre a NdC têm como referência documentos educacionais norte-americanos, que, via de regra, compreendem a “Natureza da[s] Ciência[s]” como “natureza do conhecimento científico”, separando a NdC da ideia de investigação

científica (*Science Inquiry*). Como resultado, são excluídos aspectos importantes relativos aos processos, valores e métodos das Ciências. Assim, para o autor,

[...] é justamente com referência aos processos e métodos da ciência que a correspondência parece forçada: a ideia de “análise e interpretação de dados” (e a descrição do que isso significa) são mais amplas do que a afirmação da “visão consensual” de que “a ciência se baseia em evidência empírica”. O mesmo vale para o tema “método científico e testagem crítica” (MARTINS, 2015, p. 709).

Irzik e Nola (2011) argumentam que a visão consensual sobre a NdC possui algumas “deficiências” e “fraquezas”. Entre elas, a ausência de aspectos relacionados à investigação científica, tornando-a artificial, na medida em que é retratada uma imagem muito estreita da atividade científica. Segundo os autores, os objetivos das ciências ou as regras metodológicas gerais empregadas pelos cientistas não são mencionadas nos *NOS tenets*, embora seja citado que não existe um único método científico. Enfatiza-se a importante ausência de referências ao método hipotético-dedutivo de testagem e às regras estabelecidas para evitar o uso de hipóteses *ad hoc* na tentativa de salvar determinada teoria da refutação. Ainda segundo os autores, “[...] sem a ideia de método científico, ou regras metodológicas, é difícil entender como a[s] Ciência[s] pode ser autocorretiva e fornecer um conhecimento confiável” (IRZIK; NOLA, 2011, p. 593, tradução nossa). Além disso, “[...] a investigação científica, como coletar, classificar, analisar, experimentar e fazer inferências de dados, faz parte da ciência e esse fato em si deve ser incluído na NOS” (IRZIK; NOLA, 2011, p. 593, tradução nossa).

Matthews (2012) e Martins (2015) afirmam que não há uma ênfase explícita na ideia de “*modelagem científica*”, o que prejudica significativamente a compreensão de estudantes e professores sobre questões relacionadas à construção do conhecimento científico a partir de modelos, mesmo com a ressalva de que esse tema possa, em alguma medida, ser contemplado no aspecto “4. *A natureza do conhecimento científico é carregada de teoria*”, isto é, as observações experimentais são dependentes de teorias subjacentes. Para Martins (2015, p. 710), “uma compreensão de que a ciência trabalha com modelos, o que são modelos etc., é de fundamental importância em qualquer discussão da natureza da ciência”.

Para enriquecer o debate sobre a temática, é pertinente evidenciar o ponto de vista relatado por Lederman e seus colaboradores a respeito da *Crítica c1*, apresentada no Quadro 11. Para o autor, a “Natureza da[s] Ciência[s]” deve ser interpretada como “Natureza do Conhecimento Científico”, separadamente das características envolvidas na ideia de investigação científica (*Science Inquiry*), na qual os aspectos relativos aos processos, modelagem e procedimentos metodológicos estariam presentes. Schwartz, Lederman e Abd-El-Khalick (2012) afirmam que, por se tratar de dois conjuntos diferentes de conhecimentos, embora com sobreposições, os aspectos relacionados à investigação científica estão incluídos sob outro construto, denominado de “natureza da investigação científica” (em inglês, “*Nature of Scientific Inquiry*” – *NOSI*). Este também possui os seus *NOSI tenets*, bem como uma série de questionários apropriados, designada “*Views of Scientific Inquiry*” (*VOSI*).

Em contrapartida, os autores que compartilham da *Crítica c1* defendem um entendimento mais amplo do conceito de “Natureza das Ciências”, considerando os aspectos relacionados à investigação científica – processos, modelagem e métodos – como parte inseparável do conhecimento sobre NdC.

Quadro 12 – Crítica c2: NOS tenets “consensuais” variam de 8 a 16 itens – 3 citações.

Descrição/Justificativa	Referenciais
O suposto “consenso” em torno dos <i>NOS tenets</i> varia de 8 a 16 itens, e algumas vezes, chega até 25 itens.	Allchin (2011) Hodson e Wong (2014)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Segundo os autores que criticam a visão consensual sobre a NdC e os *NOS tenets*, uma das fortes evidências de que é infrutífero pensar e tentar ensinar um suposto “consenso” sobre a NdC é o fato de que existem várias “listas consensuais” na literatura de pesquisa em ensino de ciências, variando de 8 a 16 itens. Na verdade, isso reflete o caráter controverso das Ciências, as preferências teórico-metodológicas e o objetivo de cada pesquisador.

Segundo a revisão sistemática realizada por Azevedo e Scarpa (2017), apesar da aparente unanimidade, perpetuada pela visão consensual sobre a NdC e pelos *NOS tenets* (*Lederman Seven*), há uma diversidade de outros aspectos sobre a NdC – ao menos 25 – relativos às diversas Ciências e que não estão contemplados em uma única visão assumida como consensual.

Em paralelo com a *Crítica b3* (“Controvérsias sobre Terminologias”), a *Crítica c2*, com um total de três citações, desenvolve o argumento de que as discussões sobre *NOS tenets* variam tanto culturalmente como historicamente. De fato, as escolhas dos elementos para compor as várias “listas consensuais” estão pautadas em critérios arbitrários. Elas são baseadas em um consenso simplista, definido para fins exclusivamente pragmáticos, sem fundamentos históricos e filosóficos robustos, capazes de justificar a presença ou a ausência de um ou outro item declarativo (ALLCHIN; ANDERSEN; NIELSEN, 2014; HODSON; WONG, 2014).

Em resposta à Schwartz, Lederman e Abd-El-Khalick (2012), Allchin (2012) discorda dessa visão “fortemente consensual” entre estudiosos na década de 1990 (McComas; Olson, 1998), pois tal consenso parecer auto justificar-se:

Eu argumento que a ausência de uma justificativa clara e critérios para o que é incluído em NOS (Nature of Science) e o que é periférico deve ser abordada. Schwartz et al. [2012] falham em reconhecer plenamente esse desafio, apelando apenas para a autoridade do consenso (ALLCHIN, 2012, p. 697, tradução nossa).

De acordo com Allchin (2012), o consenso em relação aos *NOS tenets* parece ser mais um acordo político do que uma conclusão bem fundamentada e justificada. Em sua

perspectiva, os documentos governamentais que defendem os *NOS tenets* não explicam claramente como eles devem ser entendidos e quais são suas características relevantes, nem porque certas características foram escolhidas ou justificadas. Ele argumenta que é necessário justificar as escolhas dos *NOS tenets* para a promover um letramento científico competente.

Quadro 13 – Crítica c3: *NOS tenets* “colonizadores” – 1 citação.

Descrição/Justificativa	Referenciais
Dentre os 08 (oito) documentos oficiais considerados para o estabelecimento dos princípios de NdC (<i>tenets</i>), nenhum pertence à Europa continental, América Latina, África ou mesmo Ásia.	Martins (2015)

Fonte: Elaborado pelos autores.

A crítica apresentada por Martins (2015) é dirigida ao trabalho de McComas e Olson (1998b), no qual os pesquisadores analisaram documentos governamentais para a educação científica nos Estados Unidos (4), Canadá (1), Austrália (1), Nova Zelândia (1) e Inglaterra/País de Gales (1). Ele cita que os autores admitem que os documentos podem ter sido influenciados uns pelos outros, em certa medida, e reconhecem a importância de explorar documentos de outras línguas e culturas não ocidentais. De acordo com Martins (2015), Good e Shymansky (2001) examinaram dois dos documentos mencionados, nomeadamente (AAAS, 1993) e (NAS, 1996), e descobriram que as afirmações neles contidas podem ser interpretadas de duas maneiras opostas, a depender do ponto de vista do professor que lê: uma interpretação moderna/realista da ciência e outra interpretação pós-moderna/relativista da ciência.

Embora a *Crítica c3* tenha sido citada somente uma vez, na proposta de Martins (2015), a discussão a seu respeito é pertinente. A ausência de documentos oficiais de outras línguas e culturas não ocidentais na lista de referências para o estabelecimento dos *NOS tenets* pode perpetuar uma visão eurocêntrica das Ciências. A ambiguidade de interpretação resultante, conforme mostrada pelo estudo de Good e Shymansky (2001), indica que os *NOS tenets* são insuficientes para representar a essência da atividade científica em escala global, pois desconsidera a riqueza de conhecimentos e práticas científicas desenvolvidas em outras culturas. Além disso, a falta de diversidade cultural na lista de referências pode dificultar a compreensão, por parte de professores e estudantes, das diferenças na prática das Ciências em diferentes contextos e, conseqüentemente, limitar a possibilidade de sua utilização para enriquecer as discussões e reflexões sobre aspectos sociológicos/históricos e epistemológicos da NdC em sala de aula.

Quadro 14 – Crítica c4: *NOS tenets* contém tensões, incoerências, contradições, e admitem exceções. – 8 citações.

Descrição / Justificativa	Referenciais
A maioria dos <i>NOS tenets</i> são contextuais, com exceções importantes e complexas para serem designados como aspectos <i>in nato</i> das Ciências.	Clough (2006, 2007) Matthews (2012) Martins (2015)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com um total de oito citações categorizadas na *Crítica c4*, os autores argumentam:

[...] Há uma tensão entre as proposições (iii) [a saber, não há uma maneira única de fazer ciência (portanto, não há um método científico universal passo a passo).] e (viii) [a saber, os cientistas exigem a manutenção de registros precisos, revisão por pares e reprodutibilidade.] [McComas, 1998a, p. 513], pois enquanto a primeira nega qualquer método científico universal, a segunda sugere um procedimento científico geral, que independente do contexto (CARDOSO et al., 2015, p. 235).

Por exemplo, tomando o primeiro ponto do Lederman Seven – a natureza empírica do conhecimento científico, Lederman fica entre uma posição instrumentalista pragmática e empirista (BEJARANO; ADÚRIZ-BRAVO; BONFIM, 2019, p. 971).

Por um lado, a formação na NOS, com base nessa lista, deve seguir a afirmação de que “a investigação é carregada de teoria. Por outro, deve reconciliar com a ideia de que cientistas são criativos. [...] Até que ponto pode a ciência ser um empreendimento que está preso a uma empiria e, ao mesmo tempo, sofrer influências do meio social? [...] Como professores e estudantes podem entender esses aspectos importantes da NOS, aparentemente contraditórios?” (ALLCHIN, 2011, p. 526, tradução nossa).

Por exemplo, ao afirmar que a ciência tem caráter subjetivo, poderia implicar em negar a objetividade que deveria ser, também, inerente ao fazer científico, uma vez que cientistas devem tentar evitar fazer conclusões precipitadas e enviesar a análise (MENDONÇA, 2020, p. 7).

Não ficam claras as relações entre certos itens apresentados nas listas “consensuais”, sendo que existem tensões entre alguns deles. Por exemplo, muitas vezes é apresentada como consensual a tese de que o conhecimento científico é carregado de teoria e que as interpretações de dados experimentais são influenciadas por fatores subjetivos. Mas isso torna a objetividade da ciência impossível? Se não, por quê? Se a ciência é socialmente e culturalmente influenciada, como isto produz um conhecimento que é válido em todas as culturas e sociedades? A influência da sociedade sobre a ciência é boa ou ruim? Como podemos distinguir esses dois efeitos? A ciência possui meios para detectar uma má influência e eliminá-la? (IRZIK; NOLA; 2011, p. 593, tradução nossa).

Segundo Matthews (2012), os itens declarativos dos *NOS tenets* necessitam de maior refinamento histórico e filosófico para serem úteis aos professores e estudantes, pois formam uma mistura confusa, incoerente e contraditória de características epistemológicas, sociológicas, psicológicas, éticas, financeiras e filosóficas. Contém ambiguidades que mitigam o uso dos *NOS tenets*, tanto como critérios curriculares avaliativos, quanto metas para uma educação científica plena no contexto de formação de professores.

Matthews (2012, p. 16, tradução nossa) afirma que, embora a maioria *NOS tenets* sejam reconhecidos como verdadeiros ou corretos, “o diabo está nos detalhes, e os detalhes não são fornecidos por uma lista de itens declarativos descontextualizados”. Clough (2006, 2007) e Martins (2015) afirmam que, à luz da historiografia contemporânea das Ciências, os *NOS tenets* não podem ser considerados absolutamente verdadeiros, porque possuem exceções importantes, dependendo do episódio histórico analisado.

Bejarano, Adúriz-Bravo e Bonfim (2019, p. 976) argumentam que “[...] cada aspecto da[s] Ciência[s] tem uma nuance, [...] fica evidente que as listas não cabem para uma formação em NdC que esteja em compasso com uma ideia de ciência sofisticada e contemporânea”.

Parece evidente que a *Crítica c4*, justificada no Quadro 14, também é considerada mais um “desdobramento” de que os *NOS tenets* são apresentados no formato de itens declarativos descontextualizados (*Crítica a2*), em conjunto com a exagerada simplificação que é realizada, ao tentar eliminar todos os aspectos controversos da História e da Filosofia das Ciências, em abordagens pedagógicas sobre as Ciências (*Crítica b2*). Conforme Martins (2015, p. 713), os autores que compartilham da *Crítica c4* advogam que “[...] os princípios apresentam-se, no mínimo, incompletos¹²”.

A *Crítica c4* também pode ser vista como desdobramento da *Crítica c2* (*NOS tenets* “consensuais” variam de 8 a 16 itens), pois uma vez que foram empregados critérios arbitrários para a lista consensual, conforme argumenta Allchin (2011, 2012), uma consequência foram as incoerências na elaboração da lista. Dessa forma, é importante salientar como algumas das críticas definidas como subcategorias se conectam e são consequências de outras críticas.

Trata-se de uma crítica que ganhou força mais recentemente na literatura em ensino de ciências, porém, possui estreita ligação com a forma de apresentação descontextualizada dos *NOS tenets* (*Crítica a2*) e com a dificuldade de diferenciação do empreendimento científico de outras atividades humanas (*Crítica a4*). Foram identificadas duas citações que concordam explicitamente com a *Crítica c5*: Martins (2015) e Pereira e Gurgel (2020).

¹² Para uma discussão mais detalhada e aprofundada sobre os problemas e ambiguidades inerentes a alguns dos *NOS tenets*, ver Matthews (2012, p. 12-17).

Quadro 16 – Crítica c5: Riscos de Estímulo ao “Relativismo Exacerbado” – 2 citações.

Descrição/Justificativa	Referenciais
Os atuais <i>NOS tenets</i> não fazem frente aos desafios políticos, sociais e educacionais impostos pelos nossos tempos, nos quais movimentos anticientíficos (negacionistas, pós-verdade) e discursos exageradamente relativistas ganham força, emergindo novas concepções inadequadas sobre as Ciências.	Martins (2015)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Segundo Martins (2015, p. 714), em virtude dos problemas de formulação dos *NOS tenets*, pode-se ter uma visão que flerta perigosamente com visões “extremamente relativistas” e “anticientíficas”, nas quais se iguala o *status* de uma “teoria científica” a uma mera “opinião”, “visão pessoal”, “preferência individual” ou “escolha subjetiva”. O autor ainda questiona: “Mas, em que medida a apresentação de uma visão relativista moderada não resultará na adoção de um relativismo exacerbado?”.

Pereira e Gurgel (2020) argumentam que as concepções inadequadas sobre as Ciências não são constantes no tempo, isto é, a-históricas. Portanto, nenhuma “lista consensual” fixa e imutável será eficaz para a formação de cidadãos críticos e letrados cientificamente. Na perspectiva dos autores, a justificativa inicial para a inclusão da visão consensual sobre a NdC e dos *NOS tenets* no ensino de ciências era combater visões positivistas, realistas ingênuas, mal-informadas e de senso comum que supervalorizavam as capacidades e potencialidades das Ciências. Contudo, tornou-se urgente reconhecer criticamente suas virtudes epistêmicas, uma vez que se observa o surgimento de novas visões distorcidas e inadequadas sobre as Ciências na opinião pública. Dessa vez, não associadas ao “positivismo ingênuo”, mas às exageradas relativizações dos saberes científicos e ao total descrédito e ceticismo perante os métodos, sua credibilidade e validade dos resultados obtidos pelas Ciências.

De formas distintas, mas convergentes, os autores explicitam sobre o problema do relativismo:

O que estamos chamando a atenção é para o fato de que, considerada em seu conjunto (ou seja: privilegiando a apresentação de frases curtas e de caráter geral sobre a ciência; trazendo ideias como “a ciência tem um elemento subjetivo”; não abordando em profundidade os processos da ciência), a VC [Visão Consensual] pode, eventualmente, contribuir para um tipo de relativismo inadequado para uma apreciação da ciência enquanto empreendimento humano epistemologicamente diferente do conhecimento de senso comum e de outras formas de conhecimento (MARTINS, 2015, p. 716).

Mas, seu conteúdo sugere posições mais próximas ao relativismo, seja ele epistêmico, metodológico ou ontológico, do que as diagnosticadas “visões

ingênuas”. Neste sentido, é possível identificar possíveis concepções exageradamente relativistas que podem ser estimuladas por asserções das “Visões Consensuais” (PEREIRA; GURGEL; 2020, p. 1289).

Ao incentivar o entendimento superficial de uma suposta dimensão subjetiva da ciência, é oferecido o risco de desvalorizá-la ou concebê-la como indistinta de opinião pessoal, o que é comum no embate entre criacionistas e darwinistas, para citar um exemplo marcante, em que este tipo de objeção desarrazoada é comumente evocado (PEREIRA; GURGEL; 2020, p. 1289).

Entre os referenciais críticos analisados, Matthews (2012) também alertou para o perigo de os *NOS tenets* serem distorcidos e utilizados para reforçar uma ideia equivocada de relativismo exacerbado:

Mas o reconhecimento dessa complexidade não significa, simplesmente, que “tudo vale”, ou que “todas as ideias e visões de mundo são iguais”, ou que “a ciência é apenas uma construção social”. O reconhecimento de que a ciência é uma construção humana complexa de modo algum envolve o relativismo e o instrumentalismo frequentemente associados à filosofia construtivista (MATTHEWS, 2012, p. 16, tradução nossa).

Diante da complexidade do desafio de combater movimentos negacionistas e de pós-verdade, os autores aqui citados argumentam que as abordagens pedagógicas que lançam mão da visão consensual sobre a NdC e dos *NOS tenets* são extremamente frágeis para tal tarefa. Pior, elas podem, em virtude de sua apresentação descontextualizada, que facilmente permite distorções ou má interpretações de significados, induzir estudantes e professores a uma visão de Ciências muito próxima ao “relativismo exacerbado”, reforçando de forma não intencional as teses dos movimentos anticientíficos.

V. Conclusão

Este trabalho apresentou uma descrição sistemática e detalhada acerca das críticas atribuídas à visão consensual sobre a NdC e os *NOS tenets*, bem como seus enfoques argumentativos, destacando os principais referenciais críticos, nos quais os pesquisadores comumente se têm apoiado. Não restam dúvidas de que o debate sobre *o que* e *como* a NdC pode ser mais bem ensinada e avaliada está posto na literatura de pesquisa em ensino de ciências. Aparentemente, ele será longo, uma vez que ainda demanda evidências empíricas, discussão, reflexão e argumentação tanto por apoiadores quanto por críticos da visão consensual da NdC.

Nosso estudo evidenciou que os enfoques dessas críticas se dividem em “Problemas de Instrução Pedagógica” (Categoria A), “Problemas Epistêmicos” (Categoria B) e “Problemas de Seleção do *NOS tenets* (Categoria C). Foram identificadas 13 críticas distintas à visão consensual sobre a NdC e aos *NOS tenets*. As pesquisas analisadas se apoiam

principalmente nos trabalhos de cinco referenciais (Douglas Allchin; Gürol Irzik e Robert Nola; Michael R. Matthews, André F. P. Martins e Agustín Adúriz-Bravo), embora outros autores tenham sido citados com menor frequência, como por exemplo Dagher e Erduran (2016).

A Fig. 1 ilustra um gráfico do tipo “mapa de árvore”, mostrando a distribuição das citações por (sub)categorias nos 37 trabalhos analisados. Por meio do tamanho das áreas coloridas, pode-se observar que o total de citações nas categorias A e B foi aproximadamente igual e um pouco mais que o dobro em relação à categoria C. Além disso, nota-se que entre as subcategorias, a *Crítica b1 (Visão Monolítica da Ciência)* obteve o maior número de citações (23 no total), seguida pela *Crítica a3 (Estímulo à Aprendizagem Mecânica)* e *Crítica a1 (Prejuízos à Educação Científica Plena)*.

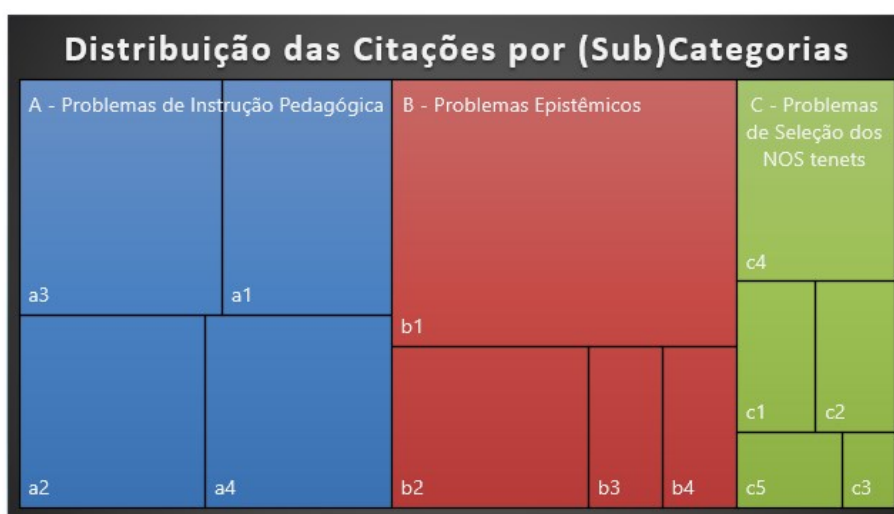


Fig. 1 – Gráfico “mapa de árvore” da distribuição das citações por (sub)categorias.

Esses dados nos permitem concluir que as críticas dos pesquisadores parecem estar mais direcionadas à forma da abordagem da visão consensual da NdC, e às suas consequentes implicações negativas para a educação científica, do que a alguns aspectos que eventualmente poderiam estar presentes ou ausentes na seleção dos *NOS tenets*. No entanto, não devemos perder de vista as implicações da forma sobre o conteúdo, e vice-versa¹³.

Observou-se também que algumas das críticas apresentadas pelos pesquisadores podem ser mais bem aprofundadas em virtude de possíveis tensões identificadas. Em especial, aquelas associadas à dificuldade de diferenciação das Ciências de outras formas de conhecimento (*Crítica b4*) e do reconhecimento de características comuns entre os processos de investigações científicas e outras atividades intelectuais, bem como a necessidade de

¹³ Essa interpretação é importante para evitar que um leitor menos cauteloso não seja induzido a pensar que a categoria C, por possuir suas críticas distribuídas em cinco subcategorias (uma a mais que as categorias A e B), representa o foco principal das críticas encontradas na literatura brasileira de pesquisa em ensino de ciências.

separação ou não dos aspectos relacionados à investigação científica das discussões sobre a NdC (*Crítica c1*).

Tendo em vista os procedimentos e delineamentos metodológicos adotados em nosso estudo, é importante explicitar que algumas das críticas identificadas neste estudo, particularmente aquelas que constituem a Categoria A (“Problemas de Instrução Pedagógica”), parecem não possuir, até o momento, apoio conclusivo de evidências empíricas. As críticas à visão consensual da NdC e aos *NOS tenets* buscam desequilibrar irreversivelmente um dos lados envolvidos na controvérsia acadêmica, tratando-se, quase sempre, de argumentos lógicos e teóricos convincentes sobre possíveis, ou potenciais, prejuízos para os processos de ensino e de aprendizagem, e, conseqüentemente, para a formação crítica de estudantes e professores. Todavia, deve-se ter em mente que esse fato não deve ser visto como uma deslegitimação das críticas ou dos argumentos a favor da visão consensual sobre NdC, uma vez que a solução para a controvérsia acadêmica é demasiadamente conceitual, e não empírica.

Com efeito, até mesmo o professor Norman G. Lederman, um dos principais colaboradores para a divulgação da visão consensual sobre NdC, reconheceu as dificuldades em relação à validação empírica das abordagens sobre NdC.

Em 2013, Lederman afirmou que argumentos intuitivos sustentavam o uso de abordagens sobre a NdC como resultado instrucional relevante, mas que havia pouco suporte empírico. Ele enfatizou que apenas quando uma massa crítica de indivíduos com entendimento adequado de NdC for alcançada, será possível avaliar se o objetivo foi cumprido. Atualmente, dez anos depois, com o aumento anual de pesquisas sobre como a NdC pode ser mais bem ensinada, especialmente para professores de disciplinas científicas em formação, espera-se uma validação mais aprofundada das novas abordagens sobre NdC.

Referências

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (AAAS). **Benchmarks for Science Literacy**. Washington, DC: AAAS Press, 1993.

ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R. L.; LEDERMAN, N. G. The Nature of Science and instructional practice: making the unnatural natural. **Science Education**, New York, v. 82, n. 4, p. 417-436, 1998.

ADÚRIZ-BRAVO, A. **Una introducción a la naturaleza de la Ciencias. La Epistemología en la enseñanza de las Ciencias Naturales**. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica, 2005.

ADÚRIZ-BRAVO, A. A proposal to teach the Nature of Science (NOS) to science teachers: the “structuring theoretical fields” of NOS. **Review of Science, Mathematics and ICT Education**, Patras, v. 1, n. 2, p. 41-56, 2007.

ADURIZ-BRAVO, A.; ARIZA, Y. Las imágenes de ciencia y de científico: una puerta de entrada a la naturaleza de la ciencia. In: ADÚRIZ-BRAVO, A.; DIBARBOURE, M.; ITTURALDE, S. (Org.). **El quehacer del científico al aula**: pistas para pensar. Montevideo: Fondo Editorial Queduca. 2013. p. 13-20.

ALLCHIN, D. Evaluating knowledge of the Nature of (whole) Science. **Science Education**, New York, v. 95, n. 3, p. 518-542, 2011.

ALLCHIN, D. Toward clarity on whole science and KNOWS. **Science Education**, v. 96, n. 4, p. 693-700, 2012.

ALLCHIN, D. **Teaching the nature of science**: perspectives & resources. Saint Paul: SHiPS Education Press, 2013.

ALLCHIN, D. Beyond the consensus view: whole science. **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology**, Cham, v. 17, n. 1, p. 18-26, 2017.

ALLCHIN, D.; ANDERSEN, H. M.; NIELSEN, K. Complementary approaches to teaching Nature of Science: integrating student inquiry, historical cases, and contemporary cases in class-room practice. **Science Education**, New York, v. 98, n. 3, p. 461-486, 2014.

ALTERS, B. J. Whose Nature of Science? **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 34, n. 1, p. 39-55, 1997.

AZEVEDO, N. H.; SCARPA, D. L. Revisão sistemática de trabalhos sobre concepções de Natureza da Ciência no ensino de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências**, Belo Horizonte, v. 17, n. 2, p. 579-619, 2017.

BAGDONAS, A.; ZANETIC, J.; GURGEL, I. Controvérsias sobre a Natureza da Ciência como enfoque curricular para o ensino da Física: o ensino de História da Cosmologia por meio de um jogo didático. **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 242-260, 2014.

BEJARANO, N. R. R; ADÚRIZ-BRAVO, A.; BONFIM, C. S. Natureza da Ciência (NOS): para além do consenso. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 25, n. 4, p. 967-982, 2019.

BRENZAM-FILHO, F. B.; ANDRADE, M. A. B. S. Noções de estudantes a respeito dos aspectos da Natureza da Ciência e de uma investigação científica. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 12, n. 1, p. 303-330, 2019.

CARDOSO, D. *et al.* Texto jornalístico sobre Ciência: uma análise do discurso sobre a Natureza da Ciência. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 8, n. 3, p. 229-251, 2015.

CHEVALLARD, Y. **La transposition didactique**: du savoir savant au savoir enseigné. 2. ed. Grenoble: La Pensée Sauvage, 1985.

CLOUGH, M. P. Learners' responses to the demands of conceptual change: considerations for effective Nature of Science instruction. **Science Education**, New York, v. 15, n. 5, p. 463-494, 2006.

CLOUGH, M. P. Teaching the Nature of Science to secondary and post-secondary students: questions rather than tenets. **The Pantaneto Forum**, United Kingdom, n. 25, 2007.

DAGHER, Z. R.; ERDURAN, S. Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education. **Science and Education**, v. 25, p. 147-164, 2016.

DUSCHL, R. A.; GRANDY, R. Two views about explicitly teaching Nature of Science. **Science Education**, New York, v. 22, n. 9, p. 2109-2139, 2013.

EFLIN, J. T.; GLENNAN, S.; REISCH, G. The Nature of Science: a perspective from the Philosophy of Science. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 36, n. 1, p. 107-116, 1999.

ELBY, A.; HAMMER, D. On the substance of a sophisticated epistemology. **Science Education**, Hoboken, v. 85, n. 5, p. 554-567, 2001.

FERNÁNDEZ, I. *et al.* Visiones deformadas de la Ciencia transmitidas por la enseñanza. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 20, n. 3, p. 477-488, 2002.

FERREIRA, G. K.; CUSTÓDIO, J. F. Cenários do debate sobre a Natureza da Ciência nos cursos de licenciatura em Física no Brasil. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 38, n. 2, p. 1022-1066, 2021.

FERREIRA, G. K.; CUSTÓDIO, J. F. Theoretical-methodological perspectives of the debate about Nature of Science in science education: contrasts and approximations between the consensus view and renewed tendencies. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 24, n. 2, p. 118-149, 2022.

GARCIA, J. O.; CAMILLO, J. Ondas gravitacionais em desenvolvimento: reflexões sobre Ciência na educação em Ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 27, e21051, 2021a.

GARCIA, J. O.; CAMILLO, J. Contribuições para o debate em torno dos aspectos consensuais em Natureza da Ciência a partir da Teoria da Atividade Cultural-Histórica. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 14, n. 2, p. 225-243, nov. 2021b.

GIL PÉREZ, D. *et al.* Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

GOOD, R.; SHYMANSKY, J. Nature-of-Science literacy in benchmarks and standards: Post-Modern/Relativist or Modern/Realist? **Science & Education**, v. 10, n. 1-2, p. 173-185, 2001.

HODSON, D. **Teaching and learning about science**: language, theories, methods, history, traditions and values. Boston: Sense Publishers, 2009.

HODSON, D. Nature of science in the science curriculum: Origin, development, implications and shifting emphases. In: MATTHEWS, M. (Ed.). **International handbook of research in history, philosophy and science teaching**. Dordrecht: Springer, 2014. p. 911-970.

HODSON, D.; WONG, S. L. From the Horse's Mouth: why scientists' views are crucial to Nature of Science understanding. **International Journal of Science Education**, London, v. 36, n. 16, p. 2639-2665, 2014.

HODSON, D.; WONG, S. L. Going Beyond the Consensus View: Broadening and Enriching the Scope of NOS-Oriented Curricula. **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education**, v. 17, n. 1, p. 3-17, 2017.

IRZIK, G.; NOLA, R. A Family resemblance approach to the Nature of Science for science education. **Science Education**, New York, v. 20, n. 7-8, p. 591-607, 2011.

IRZIK, G.; NOLA, R. New Directions for Nature of Science Research. In: MATTHEWS, M. R. (Ed). **International Handbook of Research in Philosophy and Science Teaching**. Netherlands: Springer. 2014. v. 2. p. 999-1022.

KROGH, L. B.; NIELSEN, K. Introduction: how science works – and how to teach it. **Science Education**, New York, v. 22, n. 9, p. 2055-2065, 2013.

LEDERMAN, N. G. Student's and teacher's conceptions of the Nature of Science: a review of the research. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 29, n. 4, p. 331-359, 1992.

LEDERMAN, N. G. Nature of Science: Past, Present, and Future. In: ABELL S. K.; LEDERMAN, N. G. (Ed). **Handbook of Research on Science Education**. New York: Routledge, 2013. v. 2, p. 831-879.

LEDERMAN, N. G. *et al.* Views of Nature of Science questionnaire: toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of Nature of Science. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 39, n. 6, p. 497-521, 2002.

MARTINS, A. F. P. Natureza da Ciência no Ensino de Ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 32, n. 3, p. 703-737, 2015.

MATTHEWS, M. R. In defence of modest goals when teaching about the Nature of Science **Journal of Research in Science Teaching**, vol. 35, n. 2, p. 161-174, 1998.

MATTHEWS, M. R. Changing the focus: from Nature of Science to features of science. *In*: KHINE, M. S. (Org.). **Advances in Nature of Science research**. Dordrecht: Springer, 2012. p. 3-26.

MATTOS, M. S. M.; SILVA, E. P. Natureza da Ciência (NdC): uma revisão dos artigos sobre o tema na pesquisa em ensino de biologia no Brasil. **ACTIO: Docência em Ciências**, v. 7, n. 2, p. 1-24, 2022.

MCCOMAS, W. F.; ALMAZROA, H.; CLOUGH, M. P. The nature of science in science education: an introduction. **Science & Education**, v. 7, p. 511-532, 1998a.

MCCOMAS, W. F.; OLSON, J. The Nature of Science in international science education standards documents. *In*: MCCOMAS, W. F. (Org.). **Nature of Science in science education**: rationales and strategies. Dordrecht: Kluwer, 1998b. p. 41-52.

MENDONÇA, P. C. C. De que conhecimento sobre Natureza da Ciência estamos falando? **Ciência & Educação**, Bauru, v. 26, e20003, 2020.

MOURA, B. A. O que é a Natureza da Ciência e qual a 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, 2014.

MOURA, C.; CAMEL, T.; GUERRA, A. A Natureza da Ciência pelas lentes do currículo: normatividade curricular, contextualização e os sentidos de ensinar sobre Ciências. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciência**, Belo Horizonte, v. 22, n. 10, p. 1-27, 2020.

NAGAYOSHI, C. S.; SCARPA, D. L. Natureza da Ciência e Filosofia da Ciência no ensino: um diálogo a partir dos livros didáticos de Filosofia. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 22, e35170, 2021.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (NAS). **National Science Education Standards**. Washington, DC: NAS, 1996.

NORONHA, A. Interpretando a Relatividade Especial: Discutindo o Debate Realismo e Antirrealismo Científicos no Ensino de Ciências. 245 p. 2014. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo.

PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 2, p. 141-156, 2007.

OSBORNE, J. F. *et al.* What “ideas about-science” should be taught in school science?: a Delphi study of the expert community. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 40, n. 7, p. 692-720, 2003.

PEDUZZI, L. O. Q.; RAICIK, A. C. Sobre a Natureza da Ciência: asserções comentadas para uma articulação com a História da Ciência. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 25, n. 2, p. 19-55, 2020.

PEREIRA, F. P. C.; GURGEL, I. O ensino da Natureza da Ciência como forma de resistência aos movimentos anti-ciência: o realismo estrutural como contraponto ao relativismo

epistêmico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 37, n. 3, p. 1278-1319, 2020.

POPPER, K. **A lógica da pesquisa científica**. Tradução: Leonidas Hegenberg e Octanny Silvera de Mota. 2. ed. São Paulo: Cultrix, 2013. 454p.

RODA, R.; MARTINS, R. A. Uma disputa sobre o sentido da Natureza da Ciência: uma análise da crítica de Michael Matthews à visão consensual de Norman Lederman. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 27, e21060, 2021.

RUDOLPH, J. Reconsidering the “nature of science” as a curriculum component. **Journal of Curriculum Studies**, v. 32, n. 3, p. 403-419, 2000.

SANTOS, M. Uso da História da Ciência para favorecer a compreensão de estudantes do ensino médio sobre Ciência. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 18, n. 2, p. 641-668, 2018.

SCHMIEDECKE, W. G.; PORTO, P. A. A história da Ciência e a divulgação científica na TV: subsídios teóricos para uma abordagem crítica dessa aproximação no ensino de ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 15, n. 3, p. 627-643, 2015.

SCHWARTZ, R.; LEDERMAN, N. G.; ABD-EL-KHALICK, F. A series of misrepresentations: a response to Allchin’s whole approach to assessing Nature of Science understandings. **Science Education**, Abingdon, v. 96, n. 4, p. 685-692, 2012.

SILVA, A. C.; ALMEIDA, M. J. P. M. Trechos de Bohr sobre modelos atômicos: indícios sobre como a Física é construída e possibilidades enquanto recurso didático. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 13, n. 1, p. 277-293, 2020.

VAN DIJK, E. M. Portraying real science in science communication. **Science Education**, v. 95, n. 6, p. 1086-1100, 2011.

VÁZQUEZ-ALONSO, A. *et al.* Cuatro paradigmas básicos sobre la Naturaleza de la Ciencia. **Argumentos de Razón Técnica**, Sevilha, n. 4, p. 135-176, 2001.

VÁZQUEZ-ALONSO, A. *et al.* Consensos sobre a Natureza da Ciência: a Ciência e a tecnologia na sociedade. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 27, p. 34-50, 2008.

VILAS BOAS *et al.* História da Ciência e Natureza da Ciência: debates e consensos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 30, n. 2, p. 287-322, 2013.

VITAL, A.; GUERRA, A. A natureza da ciência no ensino de Física: estratégias didáticas elaboradas por professores egressos do mestrado profissional. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 31, n. 2, p. 225-257, 2014.



Direito autoral e licença de uso: Este artigo está licenciado sob uma [Licença Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).