UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO INTERUNIDADES EM ENSINO DE CIÊNCIAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
INSTITUTO DE FÍSICA
INSTITUTO DE QUÍMICA
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS

Nathália Helena Azevedo Pereira

# Natureza da ciência nos currículos: da concepção à produção de sequências didáticas investigativas

São Paulo
2021

NATHÁLIA HELENA AZEVEDO PEREIRA

# Natureza da ciência nos currículos: da concepção à produção de sequências didáticas investigativas

Versão corrigida

Tese apresentada à Faculdade de Educação, ao Instituto de Física, ao Instituto de Química e ao Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutora em Ensino de Ciências.

Área de Concentração: Ensino de Biologia

Orientadora: Prof.ª Dr.ª Daniela Lopes Scarpa

São Paulo
2021

Autorizo a reprodução e divulgação parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, sem fins comerciais e desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Pereira, Nathália Helena Azevedo

Natureza da ciência nos currículos da concepção à produção de sequências didáticas investigativas. São Paulo, 2021.

Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências.

Orientadora: Profa. Dra. Daniela Lopes Scarpa
Área de Concentração: Ensino de Biologia.

Uni termos: 1. Currículo; 2. Abordagem de Ensino; 3. Estratégia de Ensino; 4. Material Didático; 5. Rubrica

USP/IF/SBI-050/2021

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à CAPES pelo apoio financeiro durante o período de pesquisa realizado no Brasil e à Fulbright pela bolsa de estágio nos Estados Unidos da América.

Agradeço à Universidade de São Paulo pela estrutura, aos funcionários do Programa de Pós-graduação Interunidades em Ensino de Ciências pelo suporte e aos docentes da USP pelas disciplinas que enriqueceram a minha formação.

Agradeço à minha orientadora pelos anos de orientação e parceria, pela confiança no meu potencial, por caminhar ao meu lado nas empreitadas em que me envolvi durante o doutorado e pelo olhar amistoso diante dos muitos bons-turbilhões em que trabalhamos juntas.

Agradeço à Prof.ª Dr.ª Maria Elice de Brzezinski Prestes e à Prof.ª Dr.ª Lúcia Helena Sasseron pelas contribuições no exame de qualificação do doutorado.

Agradeço ao meu supervisor de estágio no exterior, pela generosidade, oportunidades, acolhida e por me ensinar tanto sobre ciência, cultura e sobre a vida.

Agradeço aos integrantes do BioIn pela construção coletiva, pelas discussões acaloradas e pelos importantes momentos de descontração. Agradeço, particularmente, à Natália e à Renata, parceiras queridas de trabalhos, de atividades de extensão e de reflexões sobre a academia.

Agradeço às amizades iniciadas e fortalecidas durante as disciplinas de pós-graduação. Aos amigos e às amigas que não estão na academia e que também tornaram a minha jornada até aqui mais agradável e significativa.

Agradeço aos meus pais por moverem montanhas e rios para que eu nunca deixasse de estudar. Por me ensinarem o valor do trabalho e da dedicação. Por me apoiarem e vibrarem junto a cada conquista. Pelo cuidado constante e por estarem sempre presentes. Agradeço ao meu irmão, pelas conversas descompromissadas, pelas músicas e pelas gargalhadas. Agradeço ao meu parceiro de vida, por caminhar sempre tão perto, pela lealdade que nos une, pela convivência leve e orgânica, pelo sorriso fácil e por nunca duvidar.

*The pleasures, the values of contact with the natural world, are not reserved for the scientists. They are available to anyone who will place himself under the influence of a lonely mountain top — or the sea — or the stillness of a forest; or who will stop to think about so small a thing as the mystery of a growing seed.* (Carson, 1954, p.159).

*Science describes accurately from outside, poetry describes accurately from inside. Science explicates, poetry implicates. Both celebrate what they describe. We need the languages of both science and poetry to save us from merely stockpiling endless "information" that fails to inform our ignorance or our irresponsibility.* (Le Guin, 2015, p.13).

# RESUMO

Pereira, N. H. A. (2021). *Natureza da ciência nos currículos: da concepção à produção de sequências didáticas investigativas* (Tese de Doutorado). Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

A literatura sobre ensino de ciências aponta que o conhecimento sobre ciência também é necessário para que as pessoas possam avaliar afirmações científicas para a tomada de decisão individual e coletiva em casos concretos. Por isso, documentos curriculares e pesquisas empíricas ao redor do mundo têm passado a incluir nas últimas décadas a natureza da ciência entre suas preocupações. No Brasil, pesquisamos pouco sobre a presença da natureza da ciência em currículos e as pesquisas evidenciam consistentemente a falta de conhecimento sobre o tema por parte de estudantes e professores. Nesse sentido, este trabalho visa identificar como oportunidades de ensino sobre a natureza da ciência estão expressas em diferentes dimensões de currículos de Ciências Naturais. O trabalho foi realizado no contexto da reforma curricular da cidade de São Paulo, cuja rede escolar municipal possui mais de um milhão de estudantes, e considera as dimensões curriculares delineadas no modelo interpretativo de Gimeno-Sacristán: currículo prescrito – no caso, a Base Nacional Comum Curricular do Ensino Fundamental, documento de abrangência nacional, e o Currículo da Cidade de São Paulo, de abrangência local – e currículo apresentado aos professores (os Cadernos da Cidade – Saberes e Aprendizagens, distribuídos em São Paulo como materiais didáticos complementares para as escolas da rede municipal). As estratégias metodológicas empregaram análises mistas, utilizando princípios da análise de conteúdo e ferramentas de estatística textual. Para os currículos prescritos, partiu-se do modelo de ciência integral de Allchin, com apoio de gráficos de frequência, análise de similitude e análise de rede epistêmica. Para o currículo apresentado aos professores, foi desenvolvido e aplicado um instrumento com base na revisão de aproximadamente cinquenta trabalhos selecionados por critérios de relevância para a área, a MAPEA-NdC (Matriz para Análise das oportunidades de Ensino sobre a Natureza da Ciência em Atividades). Os resultados indicaram que as dimensões de credibilidade da ciência relacionadas à natureza empírica e inferencial da ciência aparecem com mais frequência nos currículos do que as relacionadas ao caráter humano, colaborativo e social da ciência, que são bem menos comuns ou até inexistentes. Apesar de os documentos incluírem práticas científicas variando em frequência e em complexidade ao longo dos ciclos de aprendizagem e da intencionalidade declarada de envolver os estudantes no fazer científico, não foram identificadas evidências significativas de que o fazer científico aparece diretamente articulado às dimensões de credibilidade da ciência. O currículo apresentado aos professores ainda é marcadamente implícito e pouco reflexivo, embora traga oportunidades para o ensino contextualizado. Sugere-se que a elaboração de currículos futuros contemple criteriosamente a natureza da ciência, incluindo temas referentes às dimensões de credibilidade da ciência relacionados entre si e com os objetivos de ensino. O trabalho contribui, assim, para as discussões sobre ensino de ciências, pois explora novas possibilidades de análise e sistematiza metodologias e estratégias para o ensino sobre a natureza da ciência.



**Palavras-chave:** Abordagem de ensino. Currículo. Estratégia de ensino. Material didático. Rubrica.

# ABSTRACT

Pereira, N. H. A. (2021). *Nature of science in curricula: from conception to teaching materials* (Doctoral Dissertation). Postgraduate Program in Science Teaching, University of São Paulo, São Paulo.

The literature on science education points out that knowledge about science is also needed for people to evaluate scientific claims for individual and collective decision-making in concrete cases. For this reason, curriculum documents and empirical research around the world have included the nature of science among their concerns in recent decades. In Brazil, we still have little research about the nature of science in curricula, and research consistently shows a lack of knowledge about the subject by students and teachers. Accordingly, this work aims to identify how teaching opportunities about the nature of science are expressed in different dimensions of Natural Sciences curricula. The work was performed in the context of curriculum reform in the city of São Paulo, whose municipal school network has more than one million students, and considers the curriculum dimensions outlined in the interpretative model of Gimeno-Sacristán: prescribed curriculum - in this case, the National Common Curricular Base for Primary Education, a national document, and the City of São Paulo Curriculum, of local scope - and curriculum presented to teachers (the City Notebooks - Knowledge and Learning, distributed in São Paulo as supplementary teaching materials for schools in the municipal network). The methodological strategies adopted mixed analyses, using content analysis principles and textual statistics tools. For the prescribed curricula, Allchin's Allchin's Whole Science model was used, supported by frequency charts, similarity analysis, and epistemic network analysis. For the curriculum presented to teachers, an instrument was developed and applied based on the review of approximately fifty papers selected by criteria of relevance to the area, the MAPEA-NdC (Matrix for analyzing teaching opportunities about the Nature of science in activities, from the acronym in Portuguese). The results indicated that the dimensions of science reliability related to the empirical and inferential nature of science appear more frequently in the curricula than those related to the human, collaborative, and social nature of science, which are much less common or even non-existent. Although the documents include scientific practices varying in frequency and complexity throughout the learning cycles and the declared intentionality of engaging students in doing science, no significant evidence was identified that the doing of science appears directly articulated to the credibility dimensions of science. The curriculum presented to teachers is still strongly implicit and poorly reflective, although it does provide opportunities for contextualized teaching. It is suggested that future curriculum development should carefully consider the nature of science, including topics related to the dimensions of reliability of science related to each other and the teaching objectives. The study thus contributes to discussions about science teaching, as it explores new possibilities for analysis and systematizes methodologies and strategies for teaching about the nature of science.



**Keywords:** Curriculum. Rubric. Teaching approach. Teaching material. Teaching strategy.

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 2.1.** Relações entre as dimensões curriculares estudadas, os objetos analisados na tese e as bases teórico-metodológicas consideradas para as análises..... **57**

**Figura 2.2.** Síntese do processo de análise com base no método da ENA..... **62**

**Figura 2.3.** Síntese do processo de elaboração da MAPEA-NdC..... **64**

**Figura 2.4.** Representação das relações entre os pilares que compõem a MAPEA-NdC..... **69**

**Figura 3.1.** Presença de temas relacionados às dimensões de credibilidade da ciência nas habilidades da Base Nacional Comum Curricular de Ciências Naturais do Ensino Fundamental. ..... **90**

**Figura 3.2.** Presença de temas relacionados às dimensões de credibilidade da ciência nos objetivos de aprendizagem e desenvolvimento do Currículo da Cidade de São Paulo de Ciências Naturais do Ensino Fundamental..... **90**

**Figura 3.3.** Ações que aparecem mais de três vezes nas habilidades da Base Nacional Comum Curricular de Ciências Naturais do Ensino Fundamental e nos objetivos de aprendizagem e desenvolvimento do Currículo da Cidade de São Paulo de Ciências Naturais do Ensino Fundamental..... **94**

**Figura 3.4.** Grafos resultantes da análise de similitude considerando as ações presentes nas habilidades da Base Nacional Comum Curricular de Ciências Naturais do Ensino Fundamental e nos objetivos de aprendizagem e desenvolvimento do Currículo da Cidade de São Paulo de Ciências Naturais do Ensino Fundamental..... **96**

**Figura 3.5.** Resultado da análise de rede epistêmica nos currículos prescritos, montada com base em temas associados às dimensões de credibilidade da ciência..... **100**

**Figura 3.6.** Resultado visual da comparação estatística entre as redes resultantes da análise de rede epistêmica nos currículos prescritos..... **101**

**Figura 3.7.** Resultado da análise de rede epistêmica nos currículos prescritos, montada com base em temas associados às dimensões de credibilidade da ciência..... **102**

**Figura 4.1.** Boxplot com os valores resultantes da análise pela MAPEA-NdC, realizada em 102 atividades presentes nos Cadernos da Cidade: Saberes e Aprendizagens – Ciências Naturais versão do(da) professor(a)..... **107**

**Figura 4.2.** Médias e desvios dos resultados obtidos pela análise dos quatro pilares que compõem a MAPEA-NdC, realizada em 102 atividades presentes nos Cadernos da Cidade: Saberes e Aprendizagens – Ciências Naturais versão do(da) professor(a)..... **108**

**Figura 4.3.** Presença de temas relacionados às dimensões de credibilidade da ciência em 102 atividades dos Cadernos da Cidade: Saberes e Aprendizagens – Ciências Naturais, considerando todos os ciclos de Aprendizagem adotados pelo Currículo da Cidade de São Paulo..... **110**

**Figura 4.4.** Presença de temas relacionados às dimensões de credibilidade da ciência em 102 atividades dos Cadernos da Cidade: Saberes e Aprendizagens – Ciências Naturais..... **110**

## LISTA DE QUADROS

**Quadro 2.1.** Objetos analisados na tese conforme a dimensão curricular..... **51**

**Quadro 2.2.** Dimensões de credibilidade da ciência utilizadas como categorias para identificar temas nas diferentes dimensões curriculares analisadas..... **58**

**Quadro 2.3.** Pilares da MAPEA-NdC..... **84**

**Quadro 2.4.** Relação dos 50 trabalhos considerados para a delimitação dos pilares que compõem a MAPEA-NdC..... **66**

**Quadro 2.5.** Síntese dos principais problemas encontrados ao retratar a natureza da ciência na educação básica..... **71**

SUMÁRIO

**INTRODUÇÃO**..... **13**

**CAPÍTULO 1** – Natureza da ciência no ensino de ciências..... **20**

**1.1.** Natureza da ciência: princípios e caracterização..... **20**

**1.2.** Natureza da ciência e currículos..... **31**

**1.3.** Natureza da ciência: abordagens, estratégias e materiais didáticos..... **37**

**CAPÍTULO 2** – Mapeando a natureza da ciência em dimensões curriculares... **47**

2.1. Perguntas de pesquisa..... **47**

2.2. Procedimentos e Fundamentação Metodológica..... **50**

2.2.1. Contexto e objetos analisados..... **51**

2.2.2. Procedimentos de análise..... **56**

2.2.2.1. Identificação de temas associados às dimensões de credibilidade da ciência..... **57**

2.2.2.2. Análise das ações associadas ao fazer ciência..... **59**

2.2.2.3. Análise do contraste..... **60**

2.2.3. Elaboração da MAPEA-NdC..... **62**

2.2.3.1. Pilar I – Ensino sobre NdC..... **69**

2.2.3.2. Pilar II – Ensino Contextualizado..... **73**

2.2.3.3. Pilar III – Ensino Explícito..... **78**

2.2.3.4. Pilar IV – Ensino Reflexivo..... **80**

**CAPÍTULO 3** – Currículos prescritos e ensino sobre a natureza da ciência..... **88**

**CAPÍTULO 4** – Currículo apresentado aos professores e ensino sobre a natureza da ciência..... **106**

**CAPÍTULO 5** – Considerações finais..... **124**

**REFERÊNCIAS**..... **131**

**APÊNDICE A** – Relação das unidades (sequências didáticas investigativas) que compõem os nove volumes dos Cadernos da Cidade de Ciências Naturais produzidos pela SME SP..... **155**

**APÊNDICE B** – Grafos resultantes da análise de similitude, separados por ciclo de aprendizagem, considerando as ações presentes nas habilidades da Base e nos objetivos de aprendizagem e desenvolvimento do Currículo da Cidade..... **157**

**APÊNDICE C** – Resultados da análise estatística das redes apresentadas na Figura 3.5..... **158**

**APÊNDICE D** – Relação das atividades cujas análises foram apresentadas na tese e que estão contidas nos Cadernos da Cidade de Ciências Naturais produzidos pela SME SP..... **159**

# INTRODUÇÃO

Esta tese foi finalizada durante a pandemia de Covid-19, oficialmente decretada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) no início de março de 2020 (de Sá, 2020). Após o pronunciamento oficial da OMS, o mundo passou a acompanhar rotineiramente nos meios de comunicação discussões sobre tempo de vida dos vírus, evolução da doença e possibilidades de tratamentos, processos de produção de vacinas, protocolos sanitários e de distanciamento social, entre outros temas. Nos primeiros meses de pandemia, as buscas online por informações aumentaram consideravelmente (Charlton, 2000). Por meses, a mídia tradicional (particularmente a televisão aberta e o rádio) passou a transmitir durante horas de sua programação diária debates sobre modelos epidemiológicos, eficácia de vacinas, tamanhos de amostras, o que conta ou não como evidência científica etc. Apesar disso, nem sempre as discussões contavam com o posicionamento de cientistas, suscitando reflexões sobre como informações científicas são produzidas e comunicadas (Duschl et al., 2021).

No contexto da pandemia, a OMS chamou atenção para a infodemia, o fenômeno da abundância crescente de informações que frequentemente não têm compromisso com as evidências científicas e pode ter efeitos mortais (OMS, 2020). O acesso quase que imediato a informações confiáveis da ciência nunca foi tão necessário para a proteção de vidas. Na conjuntura atual, permanecem grandes os desafios para enfrentar a fragilidade das democracias e o analfabetismo científico e midiático persistentes em parcela significativa da população (OCDE, 2018).

As formas com as quais diferentes governos e indivíduos lidaram com os desafios impostos pela pandemia, em particular os relativos à propagação das diferentes variantes do vírus Sars-CoV-2, levantaram questões sobre como a ciência é compreendida mundialmente. O cenário calamitoso onde nos encontramos em julho de 2021, em que argumentos falaciosos e pseudocientíficos ainda obstaculizam o combate à pandemia, aponta para falhas consideráveis quanto à compreensão da natureza da ciência por amplos setores da sociedade, incluindo das inter-relações entre os raciocínios científicos e matemáticos, como a modelagem de dados ou a interpretação de gráficos e correlações (Erduran, 2020). Os efeitos da pandemia reiteraram a relevância do ensino *sobre* ciência, isto é, sobre processos de produção do conhecimento científico e sobre as características do empreendimento científico. Esses efeitos também atestaram a urgência de um ensino de ciências que vá além passividade de reverberar especialistas ou pseudoespecialistas, para ajudar futuros

adultos a assumirem uma postura crítica e ativa, entendendo não apenas os resultados da ciência, mas sobretudo suas implicações e seus processos: o que se sabe, quais perguntas permanecem em aberto, quais são as evidências disponíveis, onde esforços ainda são necessários etc.

O contexto pandêmico ilustra que, para se envolver com questões sociais contemporâneas as pessoas precisam estar cientes dos valores epistêmicos, métodos e práticas institucionais da ciência (Osborne et al., 2003). Isso porque a ciência é considerada uma forma privilegiada de saber sobre o mundo. Ela é vista como um processo, por vezes como um produto ou como uma instituição (NAS, 2016). Em todos esses casos, a ciência pode possibilitar que as pessoas se envolvam na construção de novos conhecimentos e operem com diferentes tipos de informações. Assim, o acesso à ciência (seja aplicando seus conhecimentos seja participando de sua construção) requer algum nível de familiaridade com o empreendimento e a prática da ciência, o que é considerado por vários autores como alfabetização[1] científica (NAS, 2016). Ressalte-se que os pontos trazidos até aqui não são, em grande parte, recentes, o que torna a significância deste trabalho ainda mais premente.

As grandes transformações globais ocorridas no final do século XX, decorrentes de avanços científicos e tecnológicos, também se refletiram em mudanças substanciais nos currículos de ciências ao redor do mundo (Krasilchick, 2000), já que a educação dialoga com os contextos político e social maiores nos quais ela está inserida. Assim, até meados dos anos 1950, a visão positivista de uma ciência neutra e capaz de salvar a humanidade (Auler, 2016) dominava o universo escolar, que manifestava um anseio de educar jovens cientistas pela prática do chamado "método científico" (Santos & Mortimer, 2002).

As décadas seguintes deram início à chamada era da informação, aproximando a ciência das pessoas, difundindo a produção acadêmica e contribuindo para a melhora da qualidade de vida de um número cada vez maior de pessoas (Belens & Porto, 2009). O fácil e vasto acesso pelos diversos meios de comunicação às informações científicas, que podem ser, também, divergentes entre si, suscita questionamentos sobre como os indivíduos tomam decisões que envolvem a mobilização de conhecimentos teóricos e epistemológicos e de que forma eles podem impactar suas escolhas. Considerando que a mídia, por vezes, divulga

[1] Partindo de autores como Chassot (2004) e de autoras como Krasilchik e Marandino (2004), adotou-se, neste trabalho, a ideia de alfabetização em detrimento de letramento, pois entendemos que a ideia de alfabetização incorpora a de letramento e dialoga com os objetivos do presente texto.

informações científicas de maneira incoerente, incompleta e sensacionalista, o desafio de se posicionar pode ganhar ainda mais complexidade quando se considera que nem sempre a ciência oferece uma solução irrefutável e exclusiva para um determinado problema ou, ainda, que não é possível que os estudantes tenham todo o repertório de que precisam quando são colocados frente a questões sociocientíficas novas (Hodson, 2018).

Diante da evidente necessidade de preparar indivíduos críticos para esse panorama, os esforços para melhorar a alfabetização científica de crianças e jovens em idade escolar têm sido constante por mais de um século (Wenning, 2006). Nas últimas décadas, os estudos sobre ensino e aprendizagem de ciências têm enfatizado de forma consistente que a educação em ciências traz contribuições para a chamada alfabetização científica (Bybee & McCare, 2011; Sasseron & Carvalho, 2011; Taber, 2010; Clough & Olson, 2008). A alfabetização científica, por sua vez, ajudou a incorporar nos currículos uma visão de ciência menos totalitária – também fruto das mudanças trazidas a partir dos anos 1960. Em meados da década de 1980, os currículos de ciências passaram a incorporar dimensões reflexivas do fazer científico, apoiadas em disciplinas como a filosofia e a história da ciência (Santos & Mortimer, 2002; Rufatto & Carneiro, 2011).

Para Duschl (2007), a educação científica possui três objetivos de aprendizagem que caminham conjuntamente. O primeiro compreende a dimensão conceitual, que diz respeito aos conhecimentos e formulações científicas que precisamos saber, o segundo é a dimensão epistêmica, que diz respeito às normas que caracterizam o conhecimento científico e, por fim, há a dimensão social, caracterizada pela comunicação e representação das ideias, evidências e explicações científicas. Sobre esses pontos e os conhecimentos desejáveis sobre a natureza do empreendimento científico, Hodson (2018) afirmou, ainda, que é preciso um entendimento sobre a linguagem científica, para que os indivíduos possam entender, por exemplo, as diferenças entre verdades científicas e opinião e entre explicações e evidências.

De forma análoga, a alfabetização científica é composta por três eixos que, segundo Sasseron e Carvalho (2008), são considerados estruturantes para o ensino de ciências: o saber relativo aos conhecimentos científicos fundamentais, a compreensão da natureza da ciência e o entendimento das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. Os três eixos precisam ser contemplados de forma equiparada ao longo da escolarização, sem a prevalência de qualquer um deles (Campos & Scarpa, 2018). Assim, mais do que conhecer definições, ideias, fatos e

conceitos científicos, a alfabetização científica inclui a compreensão dos processos e das práticas científicas, maior proximidade com a forma como os(as) cientistas trabalham, a capacidade de avaliar os produtos da ciência e a habilidade de se envolver em decisões que mobilizam conhecimentos científicos e que tenham impacto individual e coletivo (NAS, 2016).

Como uma via de mão dupla, ter a natureza da ciência como parte da alfabetização científica traz vantagens substanciais não apenas para a sociedade, mas também para a aprendizagem dos(das) estudantes. Diferentes trabalhos (e.g. McComas et al., 1998) já relataram que os conhecimentos sobre a natureza da ciência podem melhorar a capacidade dos(das) estudantes de (i) avaliarem criticamente produções científicas e os seus benefícios, (ii) aprenderem conteúdos científicos, (iii) compreenderem as ciências e (iv) desenvolverem uma atitude mais benéfica e científica em relação à aprendizagem das ciências.

Alguns autores referem-se à natureza da ciência como sinônimo para a epistemologia da ciência (por exemplo Abd-El-Khalick & Lederman, 2000), enquanto outros distinguem os aspectos epistemológicos da ciência da investigação científica em si (por exemplo Schwartz et al., 2008). Na literatura de pesquisa em ensino de ciências da atualidade, em geral, a expressão natureza da ciência está associada à forma como a ciência funciona, como os cientistas coletam, interpretam e utilizam dados para as pesquisas científicas, como o conhecimento científico é produzido e construído e qual a relação desses fatores com a sociedade.

Embora haja diferentes visões quanto ao seu significado (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000), alguns pesquisadores da área consideram que há relativa concordância quanto aos principais aspectos de natureza da ciência que precisam fazer parte da educação científica (McComas et al., 2002). Dentre esses aspectos, incluem-se a ausência de um método único na ciência, a relação entre ciência e sociedade, o papel da criatividade e da colaboração entre os cientistas para a produção do conhecimento, o caráter tentativo da ciência, o uso de evidências empíricas e da lógica e a relação entre leis e teorias (McComas et al., 2002; Lederman, 2007; Abd-El-Khalick, 2012). Nos últimos anos, alguns autores têm colocado à prova esse consenso (por exemplo Irzik & Nola, 2011; Allchin, 2013; Erduran & Dagher, 2014), indicando a necessidade de revisar a aparente unanimidade e abordar a natureza da ciência por uma ótica mais ampla, considerando, por exemplo os aspectos epistêmicos e não epistêmicos da ciência, sobretudo suas múltiplas dimensões sociais. Essas ideias serão melhor exploradas no Capítulo 1.

A importância dos conhecimentos sobre a natureza da ciência para a educação científica também tem se estabelecido como um certo consenso na área de ensino de ciências nos últimos anos (Abd-El-Khalick, 2012). Para Hodson (2008), um cidadão alfabetizado cientificamente "deve ser capaz de avaliar a qualidade da informação científica com base na sua origem e nos métodos utilizados para gerá-la" (p.35). Clough (2018) considera que estudantes que desenvolvem uma compreensão sobre a natureza da ciência possuem mais facilidade para entender conceitos científicos.

Assim, há trabalhos que levantam concepções sobre a natureza da ciência em diferentes níveis de ensino (por exemplo Dogan et al., 2008; Kang et al., 2005; Feldman et al., 2013), outros cujo foco é discutir como trabalhar a natureza da ciência em sala de aula (por exemplo Allchin, 2012), pesquisas que visam olhar para prescrições curriculares (por exemplo Park et al., 2020) e aquelas, ainda, que abordam particularidades e vantagens de informar e debater tais aspectos com os (as) estudantes para impulsionar uma aprendizagem com foco na natureza da ciência (por exemplo Allchin, 2014; Clough, 2006). Como resultado do número crescente de trabalhos nessa área (Azevedo & Scarpa, 2017a) e dos frutíferos debates que eles suscitam, temos evidências de que a inserção da natureza da ciência em sala de aula tem se tornado mais explícita (Allchin et al., 2014), detalhada, reflexiva e contextualizada, sendo essas características que tendem a facilitar a sua aprendizagem. A justificativa para esse fenômeno está na ideia de que o aprendizado sobre a natureza da ciência não acontece inconscientemente ou de forma involuntária, mas sim quando é considerado um objetivo de aprendizagem sendo, por isso, planejado (Hansson & Leden, 2016).

Com a compreensão sobre a natureza da ciência, espera-se que os(as) estudantes sejam capazes de diferenciar ciência de não ciência, que saibam identificar pesquisas tendenciosas, erros e falsos argumentos (Hodson, 2018). Existe a expectativa também de que os indivíduos sejam capazes de compreender discussões que mobilizam conceitos científicos, entendendo suas limitações e as implicações de debates científicos relevantes para si e para a comunidade na qual estão inseridos.

Muitas razões têm sido consideradas para fundamentar a aprendizagem sobre a natureza da ciência, incluindo a conceitual, a utilitária, a democrática, a cultural e a axiológica (Driver et al., 1996). Para Kolstø (2001), conhecimentos sobre a natureza da ciência podem ajudar a compreender questões sociocientíficas pois eles podem ajudar a (i) distinguir a ciência em processo dos produtos acabados

da ciência, (ii) reconhecer que os contextos políticos, econômicos, sociais e culturais influenciam a produção do conhecimento, que é passível de censuras e vieses, (iii) avaliar a qualidade de evidências científicas, (iv) avaliar a qualidade de um argumento, levando em consideração a legitimidade de seus apoios, (v) manter uma postura questionadora e crítica, (vi) ponderar contextos para avaliar conhecimentos e declarações, (vii) ter sensibilidade para ponderar valores, ideologias e vieses e (viii) ter consciência de que um conhecimento pode não ser aplicável ao mundo real.

As potencialidades de dispor do conhecimento sobre a natureza da ciência são colocadas em xeque a depender das abordagens e estratégias de ensino usadas para explorá-lo. Desafios adicionais ao ensino e à aprendizagem da natureza da ciência incluem lacunas na formação de professores (Azevedo & Scarpa, 2017), a carência de materiais didáticos adequados e um ensino de ciências ainda pautado na memorização (Munford & Lima, 2007; Cherbow et al., 2020). Algumas estratégias e abordagens têm sido apontadas como facilitadoras para aprender *sobre* a ciência (como será apresentado no Capítulo 1). Todas elas, de alguma forma, envolvem auxiliar os(as) estudantes a compreenderem aspectos importantes sobre a natureza da ciência (Allchin, 2013; Roberts, 2007; Bell & Lederman, 2003; Osborne et al., 2003; Hodson, 2001) e promover ambientes propícios para estabelecerem relações entre temáticas que abrangem ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (Gil Perez et al., 2001; Fourez, 1997). Nesse cenário, o ensino de ciências por investigação é uma das abordagens de destaque, como será explorado ao longo desta tese.

No ensino por investigação, os(as) estudantes são engajados(as) intelectualmente, não apenas por colocaram a "mão na massa", mas questionando, analisando, debatendo, planejando, refletindo e comunicando. Essas ações podem ser mobilizadas tanto por atividades experimentais em laboratório, como por outras atividades não experimentais, que compreendem investigar, estimulando o uso de uma variedade de estratégias pedagógicas para envolver os(as) estudantes em questões e problemas a serem investigados. Um vasto conjunto de evidências baseadas em pesquisas em sala de aula tem apontado as vantagens de usar o ensino por investigação para explorar aspectos da natureza da ciência (Osborne, 2006; Areepattamannil et al., 2020).

Diante desses contextos, que embasam o presente trabalho, esta tese parte de um cenário específico de reforma curricular na rede escolar municipal de São Paulo para identificar como oportunidades de ensino sobre a natureza da ciência estão expressas em diferentes dimensões curriculares (particularmente os currículos

prescritos e o currículo apresentado aos professores). O **Capítulo 1** contém os fundamentos teóricos que caracterizam as pesquisas sobre a natureza da ciência e seu ensino, apresentando brevemente o constructo natureza da ciência, os frutíferos debates em torno de *o que ensinar sobre a ciência* e as justificativas que sustentam sua aprendizagem. O capítulo traz, ainda, um panorama geral das pesquisas em torno de *como ensinar sobre a natureza da ciência*, salientando abordagens (como o já mencionado ensino de ciências por investigação) e estratégias que têm sido consideradas catalisadoras da aprendizagem sobre as características do empreendimento científico. Por fim, o capítulo define a visão de currículo adotada neste trabalho (modelo de currículo em processo de Gimeno-Sacristán, 2017) e explora algumas discussões sobre como a natureza da ciência aparece em currículos, incluindo as prescrições curriculares e o currículo apresentado aos professores (materiais didáticos).

O **Capítulo 2** apresenta detalhadamente as perguntas de pesquisa, sintetizando os pressupostos teóricos que sustentam cada uma delas. Na sequência, traz a discussão dos métodos, caracterizando o tipo de pesquisa da tese (pesquisa exploratória e descritiva), o contexto e os objetos analisados. A Metodologia é incrementada com a descrição detalhada dos princípios teóricos que fundamentaram a elaboração da ferramenta para analisar atividades com foco no ensino sobre a natureza da ciência (MAPEA-NdC) e a apresentação dos diferentes procedimentos empregados na análise, bem como a apresentação e síntese dos resultados.

Os **Capítulos 3 e 4** apresentam os resultados e as discussões para cada uma das duas grandes perguntas da tese, centradas, respectivamente, nos currículos prescritos e no currículo apresentado aos professores. Por fim, o **Capítulo 5** traz considerações sobre alguns dos principais resultados encontrados, bem como as implicações deste trabalho para pesquisas futuras e para o ensino de ciências, focando, particularmente, nas contribuições metodológicas e analíticas do presente trabalho para a área de pesquisa em ensino.

# CAPÍTULO 1
## Natureza da ciência no ensino de ciências

Este capítulo apresenta as bases teóricas que fundamentam o presente trabalho. A primeira seção traz uma caracterização do constructo natureza da ciência e uma breve contextualização das pesquisas da área. Na segunda seção, as ideias sobre a natureza da ciência são postas em diálogo com as discussões curriculares, buscando evidenciar a visão de currículo em processo que está sendo considerada na tese. Por fim, a terceira seção traz um panorama do que as pesquisas sobre ensino de natureza da ciência têm evidenciado sobre as estratégias e as abordagens que podem contribuir para o desenvolvimento de concepções bem informadas sobre a ciência.

### 1.1. Natureza da ciência: princípios e caracterização

Estudos sobre o ensino e a aprendizagem de ciências têm enfatizado que o ensino de ciências precisa contribuir para dar significado ao fazer científico e subsidiar uma melhor compreensão do papel da ciência na sociedade, com o objetivo de fomentar uma formação baseada na cidadania e na tomada de decisões conscientes (Azevedo & Scarpa, 2017a; Kötter & Hammann, 2017). Embora alguns autores (e.g. Acevedo-Díaz et al., 2005; Adúriz-Bravo, 2005a) considerem que a expressão natureza da ciência tenha surgido no contexto das pesquisas em ensino, a ideia que ela traz – de articular conhecimentos metacientíficos para compreender o empreendimento científico – não é nova. A preocupação em incluir aspectos da História, da Filosofia e da Sociologia da ciência no ensino de ciências tem suas raízes no final do século XIX. Apesar disso, os trabalhos de James Conant entre 1950 e 1960, incluindo os casos históricos de Harvard (Conant, 1957) para ensinar ciência são apontados por diferentes autores como um importante marco nessa temática (Duschl & Grandy, 2013).

Segundo McComas (1998), a natureza da ciência compreende a combinação de várias disciplinas científicas que estabelecem um discurso de segunda ordem (*meta*) sobre a ciência. Para ele, a natureza da ciência é usada por educadores(as) da ciência com o propósito de

> Descrever a intersecção de questões abordadas pela Filosofia, História, Sociologia e Psicologia da ciência, à medida que se ampliam e potencialmente impactam o ensino e a aprendizagem de ciência. Como tal, a natureza da ciência é um domínio

> fundamental para orientar os educadores de ciências a retratarem com precisão a ciência para os estudantes. (McComas et al., 1998, p.05, tradução livre, grifo nosso).

Do ponto de vista das pesquisas em ensino, as reflexões metacientíficas possibilitadas por estratégias específicas para a sala de aula ajudariam a responder questões relacionadas ao conhecimento sobre a ciência. A natureza da ciência, um conceito fértil e híbrido, para Guisasola e Morentin (2007) mobiliza outras áreas do conhecimento com o objetivo de explorar o que é a ciência, como os cientistas trabalham como grupo social e como a sociedade lida com questões associadas às atividades científicas.

Sobre o construto natureza da ciência, Adúriz-Bravo (2005a) afirma que o conjunto das metaciências que a compõem pode fazer parte da ciência escolar, possibilitando que a natureza da ciência seja ensinada no mesmo espaço curricular que os conceitos científicos. Para o autor, a ideia de uma natureza da ciência traz consigo as ideias das metaciências que a compõem e isso pode ser benéfico para o ensino, pois a História, a Filosofia e a Sociologia podem ter fronteiras difíceis de delimitar, sobretudo no contexto da ciência presente na educação básica. Segundo Adúriz-Bravo (2005a), para a construção de uma visão sobre a natureza da ciência é preciso que se transponha didaticamente certas ideias[1] ao invés de incorporar literalmente novos conteúdos filosóficos ao ensino de ciências. Conforme refletem Kaya e Erduran (2018), compreender como a ciência funciona e, para isso, propor-se a pensar sobre os mecanismos da própria ciência através de uma abordagem metacognitiva, torna o ensino *sobre* a ciência uma tarefa difícil, não apenas porque a natureza da ciência mobiliza uma reflexão de ordem superior, mas porque muitos desses conceitos não fazem parte da formação de educadores (Akerson et al., 2009) e sequer estão presentes em materiais didáticos.

A literatura recente tem discutido não apenas as origens históricas e epistemológicas das ideias que compõem a natureza da ciência, como também tem apontado os benefícios de seu uso no ensino e na pesquisa, refletindo sobre suas limitações e críticas recebidas (por exemplo, Irzik & Nola, 2011; Matthews, 2012; Allchin 2011, 2013; Erduran & Dagher, 2014). Para Driver e colaboradores (1996),

---

[1] A ideia de *transposição didática* é trazida tangencialmente aqui e mais adiante no texto ao expor as ideias de alguns autores que usam o termo. Destaca-se que o termo não é empregado para indicar que o conhecimento é simplificado para adentrar o ambiente escolar, tampouco é unidirecional, pois também há produção de saberes na escola. Apesar da relevância dessa temática, esta tese não explora esse recorte. Alguns trabalhos sobre natureza da ciência trazem reflexões nessa linha e podem ser considerados para aprofundamento, como é o caso de Morais e colaboradores (2018) e Castro (2006, 2017), que falam sobre contextualização e recontextualização da natureza da ciência.

dentre as vantagens da aprendizagem sobre a natureza da ciência está a compreensão dos processos científicos, a contribuição para a tomada de decisões bem informadas sobre questões sociocientíficas, a apreciação da ciência como um elemento da cultura humana, a compreensão das normas da comunidade científica e o aprendizado, de forma mais aprofundada, de conteúdos científicos.

Diferentes aspectos têm sido considerados como imprescindíveis para a compreensão do que é o conhecimento científico e de como ele é produzido. Em uma revisão sistemática sobre o tema, reconhecemos 25 aspectos como fundamentais entre autores da área e que vêm sendo utilizados para organizar e justificar pesquisas acerca das concepções e das discussões sobre a natureza da ciência na área de ensino de ciências (Azevedo & Scarpa, 2017a). Esses aspectos incluem, por exemplo, o papel da criatividade na ciência, o caráter provisório do conhecimento científico, a dependência do contexto histórico e social no qual o conhecimento é produzido, as motivações dos cientistas para fazer ciência, o papel das fontes de financiamento, entre outros.

Dado o corpo de conhecimento atual e um número crescente de pesquisas em torno da temática da natureza da ciência (Azevedo & Scarpa, 2017a), faz-se necessário lançar luz sobre o histórico das pesquisas nessa área. Em 1992, em um trabalho que é considerado por alguns autores (por exemplo Chang et al., 2010) como um dos principais marcos do corpo de pesquisa sobre ensino de natureza da ciência, Lederman apontou que frequentemente estudantes desenvolviam visões equivocadas sobre a ciência, indicando que isso poderia ser resultado da falta de compreensão de professores sobre o tema e da ausência de discussões em sala de aula sobre como o conhecimento científico é produzido. Apesar do trabalho de Lederman (1992) ser mencionado por alguns como um dos “fundadores” da área, há trabalhos anteriores como os de Conant (1961), Klopfer (1969) e Rubba e Anderson (1978) que já haviam defendido o ensino de conhecimentos sobre a natureza da ciência como uma das metas para o ensino de ciências. Em 1974, Showalter, por exemplo, caracterizou o conhecimento científico como empírico, probabilístico, humanístico, histórico, provisório, replicável e único, destacando a importância de incluí-lo na alfabetização científica.

Um vasto conjunto de trabalhos após o de Lederman (1992) mostrou que as concepções de ciências, não apenas de professores(as) e estudantes da educação básica, mas também de outros grupos, podem tornar-se mais bem informadas com intervenções didáticas e abordagens contextualizadas e reflexivas (Azevedo & Scarpa, 2017a).

Gil-Pérez e colaboradores (2001), realizaram uma revisão bibliográfica e um levantamento com professores de ciências, comparando as visões equivocadas sobre ciência encontradas entre professores(as) com as que foram relatadas na literatura. Com base na comparação, organizaram uma lista com sete visões de ciência consideradas "distorcidas". Ponderando as dificuldades de caracterizar o conhecimento científico, os autores elencaram as visões equivocadas, na tentativa de combatê-las por meio de divulgação e discussão: (i) a ciência é empírico-indutivista e ateórica, (ii) há um método científico único, (iii) a ciência independe do contexto histórico no qual está inserida e desconsidera o contexto em que surgem seus problemas, (iv) a ciência é exclusivamente analítica, (v) o conhecimento científico possui um crescimento linear e cumulativo, (vi) a ciência é fruto de um trabalho individual e elitista e (vii) a ciência é socialmente neutra. Segundo o trabalho, há uma aceitação social global para essas visões distorcidas (ou *pouco informadas*, como preferimos nos referir), sobretudo porque o ensino de ciências está pautado em conhecimentos já elaborados. Esse estudo teve grande relevância para as pesquisas sobre o tema em português e espanhol. Por sua síntese e importância para área, ele é também uma das referencias teóricas e metodológicas fundamentais para esta tese, como será apresentado no Capítulo 2.

Lederman e colaboradores (2002), já inseridos nos debates globais sobre a inserção da natureza da ciência em currículos, partiram de concordâncias na literatura para apresentar uma lista com sete aspectos que caracterizam a natureza da ciência. A relação considerou trabalhos como os de Alters (1997) e de Smith e colaboradores (1997), que buscaram organizar consensos sobre o que caracteriza a ciência e sua natureza, partindo da visão de especialistas, incluindo filósofos e historiadores da ciência. A lista foi composta por pontos em grande medida correspondentes aos levantados por Gil-Pérez e colaboradores (2001), que havia sido publicada um ano antes: (i) o conhecimento científico possui um caráter empírico, (ii) o conhecimento científico é organizado em leis e teorias, (iii) o conhecimento científico é criativo e imaginativo, (iv) a observação científica e a busca por soluções são orientados por teorias, (v) o conhecimento científico está imerso em um contexto sociocultural, (vi) não há um método científico único e comum a todos os cientistas e (vii) o conhecimento científico é provisório.

Em 2007, com base nos conhecimentos de História, Filosofia e Sociologia da ciência, Lederman reforçou a visão do trabalho de 2002, afirmando que há vários aspectos de natureza da ciência que podem ser considerados como acessíveis a estudantes da educação básica. Esses aspectos, considerados os não controversos

entre diferentes autores, segundo Lederman (2007), Lederman e colaboradores (2002), Bartos e Lederman (2014), Lederman e Lederman (2014), Kampourakis (2016) e Summers e Abd-El-Khalick (2019), passaram a compor listas estendidas usadas por outros pesquisadores e em trabalhos realizados também fora dos Estados Unidos. Apesar de Lederman e seu grupo de pesquisa continuarem a considerar os sete aspectos do trabalho de 2002, há investigações que partem dos seguintes itens (i) a natureza empírica, (ii) inferencial, (iii) criativa, (iv) tentativa, (v) social e (vi) dependente de teoria do conhecimento científico, (vii) o mito do método científico (como se existisse um procedimento único para a produção de um conhecimento científico infalível), (viii) a compreensão das teorias e das leis científicas e (ix) a inserção social e cultural da ciência.

Essa visão, por vezes chamada de *Lederman-seven* (em referência ao trabalho de 2002 do grupo de Norman Lederman) por autores como Matthews (2012), passou a ser considerada como consensual por diferentes grupos de pesquisa e desencadeou o desenvolvimento de um grande corpo de estudos empíricos no ensino de ciências, trazendo contribuições substanciais para investigações e para o desenvolvimento da área. Ela considera que, mesmo que não haja um consenso filosófico sobre o que é a ciência, há um consenso pedagógico a respeito dela. As características, os elementos ou os aspectos expressos nessa lista (e em outras derivadas dela), representam categorias reflexivas de vasto uso na educação em ciências e, por isso, precisam ser amplamente debatidas.

Perspectivas alternativas à visão consensual começaram a surgir em meados dos anos 2000. As críticas focam em diferentes pontos (Martins, 2015), como o fato de a visão consensual perpetuar uma imagem estreita da ciência, não possuir sistematização e contextualização de seus itens, não contemplar diferenças entre disciplinas científicas, possibilitar pouca discussão sobre os processos da ciência e ser formada por afirmações que podem ser mal interpretadas por estudantes e levarem a um relativismo extremo (como ao dizer que a ciência tem um caráter subjetivo). Dentre os trabalhos escritos em defesa da visão consensual, Lederman (2007) afirmou que um acordo universal entre os estudiosos sobre a natureza da ciência possivelmente nunca será atingido.

Para Wong e Hodson (2010), a visão consensual não possibilita que a criticidade almejada pelo ensino de ciências seja alcançada, isso porque seus aspectos não trazem o aprofundamento necessário para isso. O posicionamento dos autores foi embasado nos resultados de entrevistas realizadas com pesquisadores de várias áreas, os quais relataram o fazer cotidiano de cientistas e suas dificuldades

em diferentes âmbitos da prática profissional científica. Na mesma linha, em trabalho anterior, Clough (2006) apontou que os itens da visão consensual podem ser tomados como mais uma relação de conteúdos a serem memorizados. O autor propõe manter os princípios da visão consensual, mas sugere que eles sejam transformados em questões e que sejam discutidos amplamente para que avancemos na área.

No contexto das críticas ao *Lederman-seven*, surgiu o modelo *Whole Science*, proposto por Allchin (2011). A sugestão está embasada em dimensões de confiabilidade da ciência, ao invés de focar na demarcação da ciência, no que diferencia a ciência de outras formas de saber. Para explorar uma compreensão ampla da natureza da ciência, Allchin propõe a ideia de Ciência Integral como perspectiva teórica, considerando que é preciso pensar em dimensões de confiabilidade ou credibilidade, apresentando aos(às) estudantes a ciência em sua forma integral (uma alusão aos alimentos integrais). Isso envolve incluir aspectos que filósofos da ciência tradicionalmente não discutem, como as fontes de financiamento. Essa é, inclusive, uma forma de criticar a visão consensual, já que muitos autores argumentam que os aspectos presentes na visão consensual não incluem aspectos não epistêmicos da ciência. Para Allchin, as listas com aspectos de natureza da ciência são superficiais, pontuais e descontextualizadas, distanciando-se do emprego dela na tomada de decisões individuais e coletivas, que seria almejado pelo ensino de ciências.

A estrutura conceitual proposta por Allchin (2011, 2012) foi pensada para contribuir para a análise de contextos que requerem dos(das) estudantes conhecimentos sobre a natureza da ciência. O modelo envolve compreender o significado das dimensões de credibilidade da ciência, aplicar o entendimento dessas dimensões em situações concretas e avaliar como os diferentes aspectos de natureza da ciência se relacionam entre si. Do ponto de vista pedagógico, explorar as dimensões de credibilidade implica envolver os(as) estudantes em práticas científicas e promover reflexões sobre como sabemos o que sabemos, ou seja, quais as fontes de erros e vieses que podem impactar a confiança nas evidências. Esse é o modelo conceitual adotado como referência teórica e metodológica e discutido nesta tese, como será melhor desenvolvido no Capítulo 2.

Na mesma linha que Allchin, Matthews (2012) também defendeu que o ensino sobre a natureza da ciência deve ir além de recitar declarações sobre o que caracteriza a ciência, pois os(as) estudantes precisam compreender os processos, as instituições e os contextos sociais que circundam o empreendimento científico. O

autor propôs a alteração na expressão *natureza da ciência* para *características da ciência* (*features of science, FOS*). A proposta de Matthews pretende ser mais "abrangente" porque desvincula-se da ideia de origem da ciência, que vem embutida na palavra "natureza". Matthews, um dos principais críticos ao *Lederman-seven*, afirma:

> Cada uma das características da ciência foi ricamente escrita por filósofos, historiadores e outros (...). Mas, se são características da ciência, então não há uma boa razão para que apenas essas sete características sejam destacadas, e não as outras inúmeras características – epistemológicas, históricas, psicológicas, sociais, tecnológicas, econômicas, etc. – que podem ser usadas para caracterizar o empreendimento científico, e que também atendem aos três critérios de acessibilidade, consenso e utilidade que o grupo de Lederman utiliza (...) para recortar os temas de natureza da ciência para a sala de aula. (Matthews, 2012, p.18, tradução livre, grifo nosso).

Apesar de suas ponderações, a proposta de Matthews é ainda semelhante à perspectiva de Lederman, por trazer características de demarcação da ciência, deterministas e por não associar diretamente essas características às perspectivas de ensino ou a um uso mais instrumental desses conhecimentos, como fez Allchin (2011). Em sua crítica à visão de Lederman, Allchin (2011) também defende que o ensino sobre a natureza da ciência não deve ser pautado apenas no uso de afirmações declarativas para promover reflexões sobre a ciência. Ao apresentar dez dimensões de credibilidade da ciência, organizadas em subcategorias, ele propõe, então, categorias diferentes e ampliadas, que abordam posturas filosóficas como o realismo e o feminismo, além de elementos como a matematização e a tecnologia.

Complementando essa ideia e partindo do ponto de vista de que uma lista pode limitar as discussões sobre a natureza da ciência e não contribuir para o pensamento crítico, Yacoubian (2011) apontou que é preciso esclarecer como usar a natureza da ciência em diferentes situações e percursos de aprendizagem. Hodson (2014b) vai na mesma linha e completa que é preciso que as afirmações da visão consensual tenham utilidade para estudantes, contribuindo para uma cidadania informada e respeitável. Para ele, o fato de as listas serem simplistas acaba gerando mais confusões do que avanços.

Uma outra alternativa à visão consensual surgiu com a proposta dos filósofos da ciência Irzik e Nola (2011, 2014), chamada de *Family Resemblance Approach* (FRA). Os autores, ao buscarem aspectos que não limitam a visão dinâmica da ciência, sugeriram uma organização diferente para abordar a natureza da ciência, partindo de agrupamentos de características comuns a determinados grupos de

ciências. Tal organização surgiu de uma definição genérica de semelhança familiar de Wittgenstein. Os agrupamentos foram chamados de família e, no trabalho de 2011, os autores elencaram quatro categorias de semelhança familiar: (i) atividades, (ii) metodologias, (iii) objetivos e valores e (iv) produtos. Assim, diferentemente das propostas anteriores, os autores focaram em semelhanças entre grupos de ciências.

Em 2014, a dupla ampliou a organização anterior e propôs dimensões relativas à natureza social da ciência, passando a incorporar as atividades profissionais dos cientistas, o *ethos* científico (o conjunto de normas éticas atreladas às práticas da profissão), a disseminação social do conhecimento e os valores sociais da ciência. Na revisão que fizemos em 2017 (ver Azevedo & Scarpa, 2017a), apontamos que uma das lacunas, até aquele momento, nos debates sobre natureza da ciência dizia respeito às especificidades de certas áreas e, nesse contexto, a proposta de semelhança familiar de Irzik e Nola tem muito a acrescentar a essa conversa. Ao descreverem a ciência como um sistema cognitivo-epistêmico (preocupado com objetivos e métodos, além do conhecimento em si) e social-institucional (que lida com aspectos de atividades profissionais, disseminação de conhecimento e valores da ciência), Irzik e Nola trazem uma estrutura que é mais ampla e inclusiva, contrapondo-se à visão consensual que teria, na perspectiva dos autores, princípios reducionistas, pois não dão conta de discutir as particularidades das diferentes ciências da natureza.

Erduran e Dagher (2014) e Dagher e Erduran (2016), partindo da ideia de semelhança de família publicada por Irzik e Nola (2011, 2014), apresentaram uma reconceitualização da proposta, argumentando em favor da necessidade de adaptações por educadores da ciência. As autoras chamaram a proposta de *FRA-to-NOS* (*NOS* do inglês *nature of science*), para diferenciá-la da concepção original do FRA, oriunda da Filosofia da ciência e inspirada no pensamento de Wittgenstein. Para elas, a distinção se faz necessária porque os objetivos e valores das propostas são diferentes. No trabalho de 2014, Erduran e Dagher apresentaram a ferramenta visual *FRA-wheel*, formada por três discos concêntricos que visam representar a ciência como um sistema holístico, dinâmico, abrangente e sujeito a várias influências. No disco, elas adicionaram ao modelo FRA as seguintes dimensões: (i) organizações sociais e interações, (ii) estruturas políticas de poder e (iii) sistemas financeiros. Posteriormente, a proposta das autoras passou a ser chamada de *abordagem de semelhança de família reconceitualizada*, em tradução livre (do inglês

*Reconceptualised Family Resemblance Approach to Nature of Science'*, RFN-to-NOS).

O modelo das autoras, revisto e reapresentado por Kaya e Erduran (2018), partiu da proposta do FRA e incluiu um conjunto de categorias, como objetivos e valores, métodos, práticas, conhecimento e contexto social da ciência, que foram incorporadas à prática da educação científica. O modelo ajuda a abordar características gerais e específicas das ciências e tem sido explorado pelo grupo de pesquisa das autoras em um número crescente de trabalhos empíricos como ferramenta para melhorar concepções de professores de ciências em cursos de formação continuada (como por exemplo em Kaya et al., 2018) e para análise de prescrições curriculares (como em Park et al., 2020) e materiais didáticos (como em Park et al., 2020b).

Mais recentemente, Schizas e colaboradores (2016) escreveram um ensaio argumentando que há um tema emergente nas discussões sobre a natureza da ciência que diz respeito aos pressupostos teóricos de cada área da ciência. Para eles, o avanço das questões relativas à natureza da ciência no campo educacional requer contrapor a compreensão do domínio geral e a natureza específica de cada área do saber, superando uma visão positivista por contrastar características ontológicas, metodológicas e epistemológicas entre as áreas – dialogando, portanto, com o FRA. Por isso, os autores advogam pela natureza das ciências (no plural) ao invés da usual expressão natureza da ciência (no singular).

Outros críticos da visão consensual, Adúriz-Bravo (2005) e Amador-Rodríguez e Adúriz-Bravo (2018), falam sobre o saber declarativo, apontando que o programa de Lederman se constitui em um saber ortodoxo. Para eles, a visão consensual (ampliada ou reduzida), traz duas dimensões: uma relativa à fundamentação dos aspectos de natureza da ciência e outra relativa aos conteúdos desses aspectos. Para nós, essas críticas podem estar deslocadas das ideias originais de Lederman, pois o ensino por investigação é considerado no programa de pesquisa de Lederman como abordagem fundamental para a aprendizagem sobre a natureza da ciência. Em todo caso, nas críticas à visão consensual, Adúriz-Bravo e Amador-Rodríguez sugerem o ensino contextualizado por meio da didática da Filosofia da ciência e partindo de modelos teóricos baseados em ideias chave transpostas didaticamente. Adúriz-Bravo também afirma que o ensino da natureza da ciência presente na formação de professores deve ser diferente daquele que é ensinado na educação básica.

Em 2007, Acevedo-Díaz e colaboradores afirmaram que há uma complexidade e dinamicidade na forma como a natureza da ciência aparece na literatura da área, havendo um amplo espectro de concepções que divergem metodológica e conceitualmente, sobretudo no que diz respeito ao lugar da Filosofia da ciência na natureza da ciência. Para alguns autores, reflexões filosóficas podem compor o ensino de ciências desde que isso contribua para capacitar estudantes com uma compreensão sólida do que caracteriza a ciência e a tecnologia na contemporaneidade. Isso, por sua vez, demanda adaptações para reduzir o nível de complexidade e abstração das reflexões para a educação básica. Para outros autores (como Adúriz-Bravo, 2005a) a Filosofia da ciência pode ser usada como modelo para ajudar a cumprir três objetivos básicos: (i) refletir criticamente sobre a ciência, (ii) estabelecer relações com outras áreas (demarcação) a fim de destacar o valor da ciência que, em sinergia com outras formas de saber, é uma criação humana e (iii) funcionar como ferramenta para melhorar a aprendizagem de conteúdos científicos.

Mais recentemente, alguns autores (por exemplo Lederman & Lederman, 2014) passaram a separar as *práticas científicas* da visão de natureza da ciência, isso porque interpretam que na *investigação científica* estão os métodos de geração do conhecimento, enquanto a natureza da ciência reflete sobre características mais amplas, como a forma pela qual o conhecimento se desenvolve. Segundo Lederman e colaboradores (2014), embora a natureza da ciência e a investigação científica sejam expressões frequentemente usadas como sinônimos, elas se referem a coisas diferentes, ainda que não totalmente independentes uma da outra. Sobre isso, os autores afirmam que

> A natureza da ciência (...) inclui o que faz a ciência diferir de outras disciplinas, tais como História ou Religião. A natureza da ciência refere-se às caraterísticas do conhecimento científico, que são necessariamente derivadas de como o conhecimento é produzido [...]. A investigação científica é o processo pelo qual os cientistas conduzem seu trabalho e como o conhecimento científico resultante é aceito (Lederman et al., 2014, p.66, tradução livre, grifo nosso).

Dentro da perspectiva de Lederman e Lederman (2014), a ideia de investigação científica estaria, portanto, contida na ideia de natureza da ciência. Quanto a isso, entendemos que as práticas científicas estão no domínio da Sociologia da ciência, podendo incluir, também, aspectos como as interações entre cientistas e as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. Já as investigações científicas são tradicionalmente foco da Filosofia da ciência. Apesar de compreender a separação proposta pelos autores, conforme o fragmento de texto, concordamos

com Duschl e Grandy (2013) quando afirmam que a natureza das práticas científicas e do conhecimento científico devem fazer parte de uma visão ampla de natureza da ciência. Frente às críticas que Lederman tem recebido, travando, inclusive, alguns diálogos diretos mais duros com Allchin (que estão registrados na literatura[2]), o autor tem argumentado que é preciso eleger alguns aspectos de natureza da ciência – que se traduzem nos sete aspectos da visão consensual. Lederman e seus colaboradores pontuam, ademais, que esses aspectos precisam ser trabalhados de forma integrada e por intermédio de atividades que permitam explorá-los (como por meio de investigações), pois, somente assim, os(as) estudantes poderão ter uma compreensão ampla da natureza da ciência.

Segundo a revisão bibliográfica de Amador-Rodríguez e Adúriz-Bravo (2018), que procurou levantar os tópicos de consenso e dissenso em torno do conceito natureza da ciência na comunidade ibero-americana de ensino de ciências, os autores dessas regiões, de modo geral, concordam que a natureza da ciência deve incluir quatro dimensões, que versam sobre metodologias, sociologia e axiologia, interações e teorias. De acordo com a síntese que apresentaram, o ensino de ciências deve preocupar-se com (i) os métodos que validam o conhecimento científico, (ii) as perspectivas internas e externas de como a ciência funciona, (iii) os valores envolvidos na atividade dos cientistas, (iv) a natureza e as características da comunidade científica, (v) a relação entre ciência e tecnologia, sociedade e cultura, (vi) o que chamamos de ciência e (vii) como o conhecimento científico é construído.

Considerando a diversidade de visões a respeito do *que* ensinar sobre a natureza da ciência e os debates em torno de modelos e de quais aspectos de natureza da ciência incluir ou não na educação básica, o presente trabalho parte do modelo de Ciência Integral como referencial teórico-metodológico, como será detalhado no Capítulo 2. Os motivos para tal escolha basearam-se, essencialmente, no fato de que o modelo (i) foca no desenvolvimento de habilidades interpretativas dos(das) estudantes para avaliarem a credibilidade das informações científicas para a tomada de decisões, (ii) inclui dimensões nas quais erros e vieses podem interferir na qualidade das evidências científicas e (iii) considera também os fatores externos da ciência, como fontes de financiamento e os impactos do conhecimento científico em questões econômicas, éticas, políticas e em outros aspectos da cultura.

---

[2] Há uma série de críticas explícitas aos modelos, apresentadas em um debate caloroso realizado, por exemplo, entre os artigos de Allchin (2011) e Schwartz, Lederman e Abd-El-Khalick (2012).

## 1.2. Natureza da ciência e currículos

A mudança da visão de ciência, de um corpo de conhecimentos a uma forma de saber a ser aprendida, é uma das tendências contemporâneas do ensino de ciências ao redor do mundo e que justifica a necessidade de falar sobre a natureza da ciência na educação básica (Bybee, 2014). Para Adúriz-Bravo (2005b), a natureza da ciência pode ser entendida como uma linha emergente dentre as novas necessidades curriculares, que passaram a se preocupar com a formação de cidadãos que precisam não somente saber ciências, mas também saber *sobre* as ciências. Subjaz a essa ideia o entendimento de que certos conhecimentos, como o conceito de evidência, os métodos da ciência ou a construção de explicações, podem ajudar estudantes a tomarem decisões bem informadas e isso é um anseio de sociedades democráticas (Guridi & Arriassecq, 2004). Quanto a isso, DeBoer (2006) e Hodson (2014) defendem que o ensino de ciências deve ir além de conceitos e teorias e permitir aos(às) estudantes envolverem-se na resolução de problemas, para aprenderem a lidar com temas da ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, compondo uma perspectiva que avaliza os princípios da alfabetização científica.

Segundo Kaya e Erduran (2016) e Yeh e colaboradoras (2019), a inclusão da natureza da ciência tem sido defendida e incluída em vários currículos ao redor do globo, pois se constitui uma das principais metas de aprendizagem da educação da atualidade. Considerando as evidências consistentes de que estudantes e professores em todo o mundo possuem entendimentos pouco informados sobre a natureza do empreendimento científico, pesquisadores como Hodson (2014b) defendem veementemente que o planejamento curricular, incluindo as avaliações, podem ter um impacto significativo sobre como a natureza da ciência está presente e é ensinada na educação básica.

A natureza da ciência, enquanto um dos componentes curriculares da alfabetização científica e apesar de ser discutida desde o começo do século passado (conforme apresentado na seção 1.1) ainda pode ser considerada uma revolução na educação em ciências, porém, não é de fácil implementação (Acevedo-Díaz et al., 2007). Para Acevedo-Díaz e colaboradores (2005), os currículos de ciências seguem tradicionalmente focados em conteúdos conceituais e deixam de lado reflexões sobre a ciência. O motivo dessa dificuldade pode residir em múltiplos fatores, como nas concepções do que caracterizam os currículos ou nas concepções de ensino e de aprendizagem. Podem também ser um reflexo dos desacordos sobre quais aspectos de natureza da ciência precisam ser ensinados (conforme apontado na seção 1.1) e,

sobretudo, podem estar na necessidade de adaptar as ideias de natureza da ciência à diversidade de estudantes e de práticas pedagógicas.

A fim de operacionalizar as decisões curriculares, Fernández-González (2008) pontua que a natureza da ciência presente nos currículos precisa contribuir para desenvolver uma cultura científica para a cidadania. Para o autor, a inserção da natureza da ciência no currículo tem o papel de auxiliar a avaliação de questões da vida cotidiana e de debates sociocientíficos, focando no desenvolvimento de habilidades dos(das) estudantes, para que eles(elas) possam melhorar sua compreensão de mundo e se conscientizarem sobre as preocupações globais relativas à tecnologia, ao ambiente e à ética. Nessa linha, Pujalte e colaboradores (2014) consideram que a inclusão curricular da NdC, além de ajudar a aprendizagem de conceitos, tem uma razão democrática, cultural e civilizatória. Isso ocorre quando estudantes passam a ser capazes de olhar criteriosamente para o tipo de ciência e tecnologia em que estão imersos e avaliam os valores e contextos sociais, políticos e econômicos nos quais os conhecimentos emergem, assim, a educação científica assume um papel claramente político (Hodson, 2018).

A partir desses argumentos, emerge das pesquisas uma série de questões e debates sobre como a natureza da ciência aparece em currículos prescritos de ciências na atualidade. Quais dimensões referentes à construção do conhecimento científico costumam ser contempladas em documentos curriculares? Eles expressam preocupações em promover uma reflexão por parte dos(das) estudantes sobre como esse tipo de conhecimento é construído, desenvolvido e avaliado? Ou em identificar os valores associados à ciência e à comunidade científica? Quais as relações entre as ciências, a sociedade, a tecnologia e o ambiente em diferentes dimensões curriculares? Como as estratégias e abordagens pedagógicas empregadas para implementar prescrições curriculares podem reforçar visões pouco informadas sobre a natureza da ciência?

Tais reflexões têm sido objetos das pesquisas sobre ensino de natureza da ciência nas últimas décadas e são de grande relevância ainda mais quando consideramos que os documentos curriculares prescritivos visam expressar valores de diferentes atores (como cientistas, engenheiros e sociedade democrática, por exemplo) a fim de apoiar o aprendizado e o desenvolvimento de novos indivíduos (Brown & Sadler, 2018). Na atualidade, os documentos curriculares são vistos como documentos políticos, resultantes de tensões e dependentes de um contexto histórico-cultural maior. Dada a natureza deles, eles podem reproduzir uma série de estereótipos, deixando de lado debates fundamentais (Gimeno-Sacristán, 1995).

Isso porque os documentos curriculares são frutos de valores e expectativas de uma sociedade situada no tempo e no espaço (Moreira & Silva, 2005). Neles são expressos entendimentos e intenções de diferentes comunidades, incluindo no ambiente escolar a cultura presente na sociedade (Moreira, 2004).

Segundo Gimeno-Sacristán (1995), os currículos precisam ser entendidos como uma cultura que emerge de diferentes processos. Posteriormente, o autor formulou a ideia de currículo em processo (Gimeno-Sacristán, 1998), que considera as múltiplas camadas e dimensões que se articulam nele, de forma dinâmica e complementar. Segundo Gimeno-Sacristán (2017), o currículo pode ser entendido como um conjunto de seis dimensões, formado pelos currículos (i) prescrito, (ii) apresentado aos professores, (iii) moldado pelos professores, (iv) em ação, (v) realizado e (vi) avaliado. Assim, Gimeno-Sacristán propõe uma visão processual de currículo:

> Uma coisa é o currículo considerado como uma intenção, um plano ou uma prescrição que explica o que desejaríamos que ocorresse nas escolas e outra, o que existe nelas, o que realmente ocorre em seu interior. O currículo tem que ser entendido como a cultura real que surge de uma série de processos, mais que como um objeto delimitado e estático que se pode planejar e depois implantar (...). A alteração ou permanência desses processos é o que nos dará a mudança ou a reprodução da realidade vigente. (Gimeno-Sacristán, 1995, p.86, grifo nosso).

Para o autor, esse não é um modelo que se propõe normativo, mas, sim, explicativo. Ele traz a ressalva, com a qual concordamos, de que apesar da aparente linearidade e hierarquia entre as dimensões curriculares, elas estão, em essência, inter-relacionadas de forma recíproca e, também, circular. Apesar disso, processos políticos e históricos tendem a condicionar esse modelo a um ordenamento verticalizado. O modelo proposto pelo autor é interessante no contexto deste trabalho porque entendemos que ele ajuda a organizar e a pensar nos espaços de agência do(da) educador, que, na prática, muitas vezes subverte esse aparente ordenamento. O modelo ainda ajuda a ampliar a visão de currículo, incorporando diferentes esferas de influência envolvidas em seus processos de desenvolvimento.

Na esfera do *currículo prescrito* estão os documentos curriculares, elaborados centralmente por órgãos do estado. Eles dispõem as bases gerais que orientam os trabalhos em diferentes âmbitos educacionais. Resultam de acordos temporários, frutos de contextos históricos e políticos, sobre o que deve ser ou não ensinado. A segunda esfera, o *currículo apresentado aos professores*, é expressa por materiais didáticos para professores(as) e estudantes. Ela se associa à conversão das diretrizes

curriculares em textos, que também refletem interesses, dessa vez de editoras e autores, por exemplo. A terceira dimensão, o *currículo moldado pelos professores*, é produto do trabalho das escolas, que adaptam as dimensões anteriores às suas realidades, levando em consideração a cultura institucional, os interesses dos pais, o perfil dos(das) estudantes e a estrutura que possuem. Nessa esfera, os(as) professores podem atuar individual e coletivamente para planejar a prática. O *currículo em ação*, emerge da construção que ocorre nas salas de aula, depende das escolhas de educadores, conforme a interpretação das realidades nas quais estão inseridos. Essa esfera reflete a transformação por meio das ações didáticas e pedagógicas. O *currículo realizado* constitui a esfera relativa ao aprendizado dos(das) estudantes, sejam eles intencionais ou não. Inclui também a socialização profissional de professores e podem ter efeitos no ambiente social e familiar dos atores escolares. Por fim, o *currículo avaliado* consiste nos mecanismos internos e externos de avaliação, que mensuram os processos de ensino e de aprendizagem e desempenham significativo reflexo nas demais esferas do currículo.

O modelo proposto por Gimeno-Sacristán pode ser usado para organizar e discutir as pesquisas sobre ensino de natureza da ciência. Isso porque a separação em esferas ou dimensões de currículo ajuda a compreender os diferentes recortes das pesquisas realizadas na área nas últimas décadas e as relações entre elas. Há, por exemplo, um vasto número de trabalhos com levantamentos de concepções de natureza da ciência, incluindo discussões sobre como e o que avaliar, o que vem ao encontro, por exemplo, da dimensão do currículo avaliado. A produção de materiais didáticos e paradidáticos para explorar aspectos da natureza da ciência, bem como discussões sobre quais abordagens utilizar em sala de aula também estão em diálogo com a proposta do autor, correspondendo a várias esferas do modelo, como os currículos apresentado aos e moldados pelos professores ou o currículo em ação e o currículo avaliado. Já os trabalhos empíricos e teóricos sobre o que ensinar acerca do empreendimento científico estão contemplados, por exemplo, pelas esferas dos currículos prescrito e do currículo moldado pelos professores. Tal classificação permite compreender, ainda, como as dimensões de currículo podem estar articuladas para favorecer o ensino e a aprendizagem sobre a natureza da ciência.

De fato, as pesquisas sobre ensino de natureza da ciência têm se afinado com essas esferas curriculares de forma dinâmica e as retroalimenta constantemente. Todavia, há uma prevalência de estudos voltados para levantamento de concepções e discussões teóricas sobre quais aspectos relativos ao conhecimento científico devem estar presentes em currículos prescritos (Azevedo & Scarpa, 2017a),

havendo, ainda, uma carência de estudos que articulem as dimensões curriculares, sobretudo no contexto das pesquisas no Brasil.

Sendo os documentos curriculares prescritivos frutos de concepções e expressões de valores e anseios de uma sociedade situada no tempo e no espaço e que, por isso, seleciona certos elementos da cultura, entendemos que a essência desses documentos constitui discussão ampla e que extrapola o escopo deste texto. Entretanto, reflexões sobre como a ciência está contida em documentos curriculares prescritivos são trazidas ao longo deste trabalho, especialmente porque indicam o que será ou não contemplado na formação científica das futuras gerações. Como aponta Neira (2006), "o conhecimento que constitui o currículo está inextricavelmente envolvido naquilo que somos, naquilo que nos tornarmos: na nossa identidade e na nossa subjetividade" (p.76).

Ainda, de forma bastante restrita e pontual, evocamos uma das ideias de Young (2007), que traz a noção de *conhecimento poderoso* ao afirmar que os conhecimentos escolares precisam instrumentalizar os(as) estudantes para compreenderem a realidade na qual estão inseridos. Entendemos que os conhecimentos *sobre* a ciência constituem um exemplo possível de conhecimento poderoso, pois é um conhecimento que ajuda os(as) estudantes a dialogarem e interagirem com o mundo. Nessa perspectiva, em que vislumbramos espaços de diálogo com a alfabetização científica, as discussões curriculares sobre qual natureza da ciência queremos ensinar para as próximas gerações e como ela aparece nas esferas do currículo possuem papel de grande relevância.

Em países como os Estados Unidos, a compreensão de que a natureza da ciência é um dos componentes-chave para a alfabetização científica tem se tornado foco de documentos curriculares (Summers & Abd-El-Khalick, 2019). A inclusão de conhecimentos *sobre* a ciência em documentos curriculares prescritivos também tem como exemplos: o Currículo Nacional Britânico de Ciências, o Projeto 2061 (voltado para escolas estadunidenses) (El-Hani, 2007; Hipkins, 2011), a reforma curricular do México em 2006 (Guerra-Ramos & García-Horta, 2018), o currículo da Nova Zelândia (Hipkins, 2011) e os currículos de ciências da África do Sul, da Austrália, do Canadá, da Colômbia, da Indonésia, do Líbano e da Tailândia (Olson, 2018).

O PISA (*Program for International Student Assessment*, coordenado pela OCDE, Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico) também seguiu essa tendência, dando destaque aos conhecimentos sobre a natureza da ciência e definindo que o conhecimento científico é processual e epistêmico (OCDE, 2016). Tal fato é relevante porque o PISA é um exemplo emblemático da esfera

curricular do *currículo avaliado*, que, ao ser aplicado entre os países participantes, pode exercer pressões nas demais esferas curriculares.

No Brasil, historicamente ideias sobre a natureza da ciência estão presentes em prescrições curriculares de forma genérica e ainda distantes do que se almeja quando considerada a alfabetização científica. Apenas para citar um exemplo, podemos olhar para os antigos *Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio* (que estiveram em vigência até a implantação da Base Nacional Comum Curricular, iniciada em 2017). Eles declararam que é preciso "compreender as ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolveram por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade" (MEC, 2000, p.13). Apesar disso, nota-se que a forma como a ciência foi apresentada no trecho refletia, ainda, uma visão que se deseja evitar, pois considera o conhecimento científico como acumulativo, de crescimento linear, não refletindo, portanto, sua realidade (Gil-Pérez et al., 2001).

Para Matthews (1994), os documentos curriculares deveriam ajudar estudantes a entenderem o pensamento científico com base na história, no contexto social e na natureza dele. Trabalhos mais antigos, como os de Conant (1961) e Rubba e Anderson (1978) já apontavam a necessidade de incluir a natureza da ciência nos currículos prescritos. Apesar dessa preocupação ser uma meta antiga em muitos países, ela ainda continua sendo desafiadora para o trabalho em sala de aula (Lederman et al., 2002).

A discussão sobre a natureza da ciência em currículos vai além de um inventário de quais elementos devem ser ensinados. Para Hodson (2018), a familiarização dos(das) estudantes com um currículo tradicional de ciências os(as) deixa condicionados(as) a enxergarem a ciência com poucos espaços para explorar emoções, fortalecendo uma visão estritamente analítica e despersonalizada frente a informações científicas. Se queremos que os(as) estudantes sejam capazes de lidar com questões controversas no cotidiano, é necessário que se garanta uma educação científica que prepare indivíduos para analisar e avaliar informações, que saibam se posicionar e argumentar de forma coerente, além de planejar ações para a resolução de problemas (Hodson, 2018). A defesa de Hodson abarca, portanto, práticas e abordagens pedagógicas empregadas no ensino de ciências. Sobre isso, Myriam Krasilchik (2000) afirmou que

> As modalidades didáticas usadas no ensino das disciplinas científicas dependem, fundamentalmente, da concepção de aprendizagem de Ciência adotada. A tendência

> de currículos tradicionalistas ou racionalistas-acadêmicos, apesar de todas as mudanças, ainda prevalecem não só no Brasil, mas também nos sistemas educacionais de países em vários níveis de desenvolvimento. Assumindo que o objetivo dos cursos é basicamente transmitir informação, ao professor cabe apresentar a matéria de forma atualizada e organizada, facilitando a aquisição de conhecimentos. (Krasilchik, 2000. p.87, grifo nosso).

Frente às perspectivas de currículo e de natureza da ciência apresentadas até aqui, acrescenta-se ainda a defesa de Hodson e Wong (2017) em favor da discussão e da reflexão acerca da visão consensual da natureza da ciência e seu papel na elaboração de documentos curriculares prescritivos. Os autores afirmam que o retrato geral e estreito dessa visão, usada em demasia e sempre citando o mesmo grupo de autores, traz uma representação confusa, filosoficamente ingênua e que não expressa as complexidades das ciências. Mais do que questionar a validade da visão consensual, a preocupação dos autores está no uso que se faz das listas de aspectos de natureza da ciência. Segundo os autores, as listas passaram a ser empregadas irrefletidamente, incluídas em avaliações e podendo ser adotadas também como norma para a construção de novos currículos. Trazemos esse posicionamento pois entendemos que apenas inserir aspectos de natureza da ciência em currículos prescritos não é suficiente para a aprendizagem sobre a ciência. Além disso, como apresentado na seção 1.1, consideramos que o modelo da Ciência Integral, por trazer um diálogo mais próximo com os princípios da alfabetização científica, constitui-se como alternativa interessante em situações de atualização curricular.

## 1.3. Natureza da ciência: abordagens, estratégias e materiais didáticos

Na escola, é comum que crianças, jovens e adultos aprendam conteúdos de ciência e habilidades técnicas do fazer científico. Todavia, a reflexão sobre a natureza da ciência é bem menos frequente e é muito comum que concepções desinformadas de ciência sejam ensinadas de forma não intencional (Billingsley & Fraser, 2018). Isso pode ocorrer, por exemplo, em aulas de ciências que seguem um modelo tradicional de ensino, que tendem a ser estritamente expositivas, com caráter transmissivo (Pozo & Crespo, 2009) ou nas quais se executam apenas experimentos controlados em laboratório como forma de consolidar conteúdos previamente expostos. Essas práticas pedagógicas possuem sua importância dentro de percursos formativos, mas, quando apenas elas são empregadas, cabe questionar que tipo de entendimento sobre a ciência está sendo promovido. Em quantos

espaços da experiência escolar há reflexões sobre como a ciência funciona, ou sobre como se faz ciência? Quando há discussões sobre as questões com as quais cientistas precisam lidar no desenvolvimento de seus trabalhos? Ou ainda: quando o papel do erro na produção do conhecimento científico é objeto de análise e discussão pelos(as) estudantes?

Para Lederman (2007) e Abd-El-Khalick (2014), muitos professores não incluem a natureza da ciência na sala de aula e isso pode estar associado à cultura escolar. Essas reflexões são importantes porque pesquisas sobre as concepções de natureza da ciência têm indicado que não apenas estudantes da educação básica possuem visões pouco informadas sobre a ciência (Azevedo & Scarpa, 2017a; Khishfe & Lederman, 2006), mas também professores de ciências (Azevedo & Scarpa, 2017b; Bell et al., 2016). Para Hanuscin e colaboradores (2011), mesmo professores experientes podem enfrentar dificuldades para incorporar a natureza da ciência em suas aulas quando não recebem subsídios para isso.

Nesse sentido, a produção de materiais pedagógicos e instrucionais adequados às especificidades do ensino de natureza da ciência pode desempenhar um papel fundamental. Diante disso, as pesquisas sobre o tema (por exemplo Lederman & Lederman, 2014) têm pontuado a necessidade da incluir orientações mais diretivas e compreensíveis nesses materiais sobre como o empreendimento científico pode ser trabalhado na educação básica. Segundo um levantamento realizado por Summers e Abd-El-Khalick (2018), menos de 1% dos materiais didáticos disponíveis no banco de dados da *National Science Teachers Association*, NSTA (que mantém uma grande variedade de materiais declaradamente em conformidade com o currículo prescrito de ciências da natureza da educação básica dos Estados Unidos da América), contém atividades relacionadas à natureza da ciência com instruções para educadores. No Brasil, ainda não temos estudos com esse recorte, de avaliar a presença da natureza da ciência em banco de dados com materiais instrucionais ou considerando um número amplo de atividades.

Para Duschl e Grandy (2013), há diferentes formas de abordar a natureza da ciência. Uma delas consiste em ensinar explicitamente as características da ciência e suas múltiplas dimensões. Várias estratégias têm sido empregadas para isso, como o uso da História e da Filosofia da ciência (Prestes & Silva, 2018; Martins, 2015) e a discussão de casos sociocientíficos. Trabalhos empíricos têm indicado o sucesso dessas estratégias, defendida por especialistas da área como Khishfe e Abd-El-Khalick (2002), além de McComas e Olson (1998), DeBoer (2000), Wenning (2006) e Piliouras e colaboradores (2017).

Outra forma de ensinar sobre a natureza da ciência parte da ideia de que a ciência é formada por um conjunto de práticas cognitivas (relacionadas ao raciocínio, às construções teóricas e aos processos mentais para fundamentação de conteúdos científicos), epistêmicas[3] (envolvidas no desenvolvimento, exposição e avaliação dos conhecimentos produzidos) e sociais (implicadas em processos e contextos sociais relacionados à comunicação do conhecimento científico), que caracterizam o fazer científico (Duschl, 2008). Considerando essas características, a natureza da ciência pode ser aprendida pelos(as) estudantes em situações que os(as) coloquem em contato com práticas científicas, sobretudo em contextos de investigação. Esse modelo de trabalhar a natureza da ciência (pelo envolvimento em práticas), considerado implícito, inclui situar os(as) estudantes em procedimentos relacionados à observação, medição e construção de explicações que estejam organizadas de forma progressiva e de acordo com temas conceituais do currículo de ciências. Para essa abordagem, também há evidências indicando o sucesso de seu emprego, como foi relatado nos trabalhos empíricos de Metz (2008), Van Dijk (2011) e Lehrer e Schauble (2013).

Em um trabalho de revisão e síntese de estratégias para trabalhar explicitamente a natureza da ciência, Allchin e colaboradores (2014) defenderam a ampliação dos elementos de natureza da ciência tradicionalmente incluídos na visão consensual com a inclusão de dimensões de confiabilidade da ciência, as quais podem ser exploradas por narrativas históricas, casos contemporâneos ou atividades investigativas. Para os autores, por meio dessas estratégias é possível contextualizar atividades pedagógicas para trabalhar a natureza da ciência, potencializando a aprendizagem por meio de experiências.

O uso de narrativas e o uso de casos históricos em aulas de ciências têm sido apontados como formas frutíferas de estimular a interpretação de dados, a avaliação da importância das evidências e a compreensão da ciência em processo (Niaz, 2016). Ao trazer histórias de cientistas e abordar episódios do trabalho de pesquisadores é possível integrar aspectos de natureza da ciência (Lin & Chen, 2002) e explorar os fatores que ajudam a moldar o pensamento científico, bem como sua natureza criativa, tentativa, subjetiva e intrincada aos fatores políticos, sociais, culturais e

[3] Há uma fértil e crescente área de pesquisa em ensino de ciências dedicada às práticas epistêmicas, conceitualmente apresentadas em trabalhos-chave como Kelly (2008) e Duschl (2008), entre outros autores. Apesar da importância do tema, esta tese não abordará as práticas epistêmicas em detalhes. Ao longo dos próximos capítulos, usaremos práticas científicas de forma ampla, incluindo, assim, as práticas epistêmicas e não epistêmicas da ciência.

econômicos (McComas, 2000; Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Allchin et al., 2014; Hodson, 2018).

Segundo Allchin e colaboradores (2014), dentre as dificuldades de usar narrativas históricas, destacam-se o investimento de tempo de aula e as possíveis lacunas na formação inicial de professores de ciências para lidar com questões históricas. Apesar da crescente inclusão da história da ciência em diferentes níveis de ensino, há preocupações de que mesmo essa estratégia possa se tornar um exercício passivo, caso os(as) estudantes não sejam envolvidos em práticas investigativas que os(as) permitam avaliar e interpretar evidências históricas (Rudge & Howe, 2009).

A inclusão de temas sociocientíficos em aulas de ciências, também mencionada na revisão de Allchin e colaboradores (2014), está em consonância com os princípios da alfabetização científica e tem sido reconhecida por uma gama de autores (por exemplo Pedretti, 1999; Zohar & Nemet, 2002; Sadler & Zeidler, 2005) por seu potencial para contribuir com o desenvolvimento de habilidades de análise e argumentação (Puig et al., 2012; Evagorou et al., 2012; Jiménez-Aleixandre, 2000), por enriquecer noções sobre a natureza da ciência (Bell & Lederman, 2003) e por aproximar a ciência do cotidiano dos (das) estudantes (Zeidler et al., 2005). Allchin e colaboradores (2014), defendem que essa estratégia fornece situações autênticas por meio de problemas da atualidade, apontando que uma das dificuldades de seu uso reside no fato de que certos casos contemporâneos podem não ter uma resolução única, fechada, trazendo, assim, mais dificuldades para sua condução em sala de aula, devido ao tempo das aulas e à falta de formação dos(das) educadores para lidar com o tema. Na ampla revisão de Karisan e Zeidler (2017), os autores recomendaram a combinação de uma abordagem explícita e reflexiva juntamente com o uso de questões sociocientíficas como meio de contribuir com o entendimento de estudantes acerca do empreendimento científico.

O ensino por investigação é uma abordagem pedagógica que tem sido apontada como valiosa para aprimorar concepções de natureza da ciência por vários trabalhos empíricos (Deng et al., 2011; Yacoubian & BouJaoude, 2010). Segundo Bybee (2000), no ensino por investigação, os(as) estudantes engajam-se em problemas e envolvem-se em várias etapas da sua resolução, incluindo planejamento, execução, interpretação, avaliação e comunicação de resultados. No contexto das atividades investigativas, certos aspectos de natureza da ciência podem ser mais facilmente trabalhados, como o papel das evidências e dos erros, a construção de hipóteses, modelos e explicações, entre outros (Allchin et al., 2014).

Bybee e colaboradores (2006) apresentaram um modelo para o ensino por investigação que ficou conhecido como o modelo dos cinco "Es", por agrupar as etapas, em inglês, *engage, explore, explain, extend* e *evaluate* (engajar, explorar, explicar, ampliar e avaliar). Posteriormente, o modelo foi expandido, passando a ser chamado de modelo dos sete "Es", com a adição das etapas *exchange* e *empowerment* (trocar e empoderar) (Reis, 2014). Segundo Allchin e colaboradores (2014), as dificuldades no uso dessa abordagem para o ensino de natureza da ciência envolvem lidar com (i) situações nas quais a investigação não sai como o previsto (o que pode provocar emoções negativas ou o desinteresse dos(as) estudantes), (ii) a dificuldade de relacionar a investigação com dimensões mais amplas da ciência (como fontes de financiamento ou conflitos de interesse) e (iii) a quantidade de tempo e recursos necessários.

Apesar das ponderações de Allchin, o ensino de ciências por investigação pode estar presente nas aulas de ciências em diferentes formatos. A literatura específica tem debatido nos últimos anos as implicações que os diferentes níveis de abertura dessa abordagem podem ter na aprendizagem de estudantes. O grau de abertura varia conforme a autonomia conferida aos(às) estudantes e pode abranger uma abordagem amplamente estruturada – majoritariamente conduzida pelo(a) professor(a) – até uma investigação considerada amplamente aberta, na qual estudantes formulam perguntas, planejam investigações, estruturam métodos e discutem e comunicam resultados (Schwab, 1962; Sadeh & Zion, 2009). A investigação aberta, aquela na qual os(as) estudantes estão constantemente engajados na tomada de decisão contínua, é considerada uma forma autêntica de investigação, pois se aproxima do modo como a ciência é praticada por cientistas (Crawford, 2014) e exige pensamentos e habilidades mais complexas por parte dos(das) estudantes (Zion et al., 2020). Para Zion e Slezak (2005) e Hsu e Roth (2010) esse tipo de investigação ajuda a criar uma comunidade de prática entre estudantes e professores, não havendo uma separação entre o ensino e aprendizagem.

Ainda sobre a abordagem do ensino de ciências por investigação, há enfoques que diferem entre si historicamente, tendo de um lado a aprendizagem da ciência *pela* investigação e, do outro, uma visão da ciência enquanto processo de investigação. Para Bruner (1961) e Chiapetta e Adams (2004), um modelo mais antigo no ensino de ciências estaria focado no aprendizado prático para o desenvolvimento de habilidades, privilegiando-se o uso de atividades de investigação em laboratório com diferentes níveis de abertura. Nesse modelo, as questões de

natureza da ciência acabam sendo trabalhadas de forma implícita. Por outro lado, segundo Chiapetta e Adams (2004), a partir de 1960 educadores passaram a se preocupar com o ensino do processo de fazer ciência, em detrimento de focarem-se apenas na aprendizagem de conteúdos. Com essa mudança de perspectiva, as atividades de investigação passaram a ser ressignificadas. Além das práticas de laboratório, também se passou a realizar investigações por meio de leituras, uso de narrativas históricas, problemas hipotéticos, entre outros exemplos. Dessa mudança, segundo Schwab (1962), passaria a ser possível abordar a natureza da ciência de forma explícita.

Considerando essas estratégias e abordagens empregadas no ensino *sobre* a ciência, há trabalhos buscando identificar como ajudar professores nessa empreitada, já que elas, quando mobilizam um ensino explícito e contextualizado de natureza da ciência, ajudam a questionar visões pouco informadas da ciência – que incluem pontos já trazidos aqui, como a visão de que a ciência é um corpo isolado de conhecimento, neutra e detentora de um método único e infalível (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000, Hodson & Wong, 2017).

Kim e colaboradores (2005) identificaram que os professores podem incorporar a natureza da ciência em suas aulas de diferentes formas: usando uma abordagem implícita por meio de atividades investigativas, ensinando explicitamente sobre a ciência como um conteúdo diferente dos conteúdos tracionais e conceituais de ciências e por meio de um ensino explícito e reflexivo combinado com atividades investigativas. De todo modo, auxiliar professores a incluírem a natureza da ciência em suas aulas tem sido identificado como um desafio por diferentes autores (por exemplo Hanuscin et a., 2011, Capps & Crawford, 2012).

Não apenas o ensino explícito, mas também uma abordagem reflexiva tem sido recomendada com destaque na literatura sobre o ensino e a aprendizagem sobre a ciência (Akerson et al. 2000; Yacoubian & BouJaoude 2010; Khishfe 2013). Segundo Abd-El-Khalick (2013), o ensino reflexivo

> (...) possui implicações instrucionais sob a forma de oportunidades estruturadas desenvolvidas para ajudar estudantes a avaliarem suas experiências de aprendizagem científica dentro de um quadro epistemológico (...) essa reflexão estaria concentrada em questões relacionadas ao desenvolvimento, à validação e às características do conhecimento científico. (Abd-El-Khalick, 2013, p.2091, tradução livre, grifo nosso).

Há um vasto conjunto de evidências indicando os benefícios do ensino e da aprendizagem explícitos e reflexivos em vários níveis e contextos de ensino (Clough, 2006; Peters, 2009; Yacoubian & BouJaoude, 2010; Khishfe 2013, Akerson et al.,

2014), em detrimento de uma abordagem de ensino de natureza da ciência considerada implícita (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002). Porém, para enriquecer esse panorama é forçoso destacar que, mesmo que a abordagem implícita seja empregada, há trabalhos apontando que a contextualização pode ter um papel fundamental para melhorar o entendimento sobre a ciência (Khishfe & Lederman, 2006).

Para Clough (2006), o ensino contextualizado da natureza da ciência envolve também trazer para os conteúdos de ciências reflexões e relações explicitamente, de forma que as conexões com os conteúdos sejam destaque nas discussões. O ensino contextualizado é autêntico, pois busca colocar os(as) estudantes em situações de produção de conhecimento científico. Todavia, como Clough (2006) e outros autores indicam, o ensino contextualizado precisa estar atrelado ao ensino explícito para alcançar melhores resultados.

No ensino explícito está subjacente a ideia de que é preciso oferecer oportunidades para que os(as) estudantes reflitam sobre e compreendam como práticas que realizam na escola e que envolvem investigação estão relacionados com as práticas que embasam o conhecimento científico. Essa visão se opõe à visão de que estudantes irão fazer conexões com base em discussões tangenciais e que estão presentes implicitamente na sala de aula (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002). Sobre isso, DeBoer (2000) afirmou que mesmo que por meio de práticas de laboratório os(as) estudantes aprendam algo sobre a natureza da ciência, há muitos aspectos dela que ficam fora dessas atividades. Corroborando pontos trazidos por outros autores já citados aqui, DeBoer argumenta que a ideia de natureza da ciência é bastante ampla e multidimensional para ser aprendida apenas por uma abordagem implícita.

Apesar do crescimento das pesquisas sobre o ensino de natureza da ciência e das recomendações para um ensino explícito, reflexivo e contextualizado[4], a inclusão dela em materiais didáticos parece ser um desafio, haja vista os resultados empíricos de pesquisas sobre o tema ao redor do globo. Para Akerson e colaboradores (2014), isso é surpreendente, pois até mesmo questões e textos reflexivos, que mantêm relação com atividades que remetam à investigação

[4] Uma descrição mais detalhada, com nuances e exemplos do que caracteriza os ensinos explícito-implícito, contextualizado e reflexivo está apresentada na segunda parte do Capítulo 2, na seção *2.2.3. Elaboração da MAPEA-NdC*, que traz a fundamentação teórica que embasou a construção da ferramenta de análise usada para analisar um conjunto de materiais didáticos.

científica sem demandar maiores investimentos estruturais, podem ser empregados para ensinar a natureza da ciência de forma explícita.

Materiais didáticos de ciências, particularmente os livros, são alvos relativamente constantes de estudos e críticas na área de ensino. Para Vilanova (2015) isso se deve a vários fatores como o fato de (i) frequentemente fortalecerem um ensino pautado na memorização, (ii) realizarem uma apresentação segmentada de conhecimentos, (iii) representarem uma ciência empírico-indutivista e (iv) estarem em descompasso com os processos de atualizações curriculares. Essas características não são recentes, tampouco são exclusivas dos livros didáticos de ciência brasileiros. Lumpe e Beck (1996), ao analisarem livros didáticos de biologia estadunidenses para identificar a presença dos princípios da alfabetização científica, discutem trabalhos do início da década de 1990 que já apresentavam características defasadas em relação à literatura.

Com base em dados empíricos, Megrid Neto e Fracalanza (2003) afirmaram que os(as) professores de ciências fazem uso de livros didáticos para elaborar planejamento de aulas, como apoio para as atividades desenvolvidas em aula e como fonte de consulta bibliográfica (para complementar seus próprios conhecimentos ou para uso de pesquisa pelos(as) estudantes). Os(as) estudantes também fazem um uso costumeiro de livros didáticos, seja para realizar tarefas e atividades em aula, seja para fazer pesquisas ou estudar para avaliações.

Por sua importância, livros e materiais didáticos também são investigados com vistas a identificar como a ciência e os(as) cientistas são retratados em suas páginas, incluindo textos e imagens. Em trabalho recente, que olhou para livros de ciências noruegueses, Andersson-Bakken e colaboradores (2020) identificaram que mesmo livros que incluem textos sobre a natureza da ciência estão mais focados em formalizar um método científico. As autoras e o autor apontam que, apesar da diversidade de conteúdos dos livros e da presença de temas sociocientíficos sendo abordados de forma mais aberta (incluindo discussões sobre avaliação de evidências, por exemplo), há uma tendência de que esses materiais sigam uma abordagem mais tradicional, pouco reflexiva, pouco investigativa e focando mais na aprendizagem de conceitos. Pesquisas com materiais e livros didáticos de outras nacionalidades têm encontrado dados e discutidos resultados nessa mesma linha (por exemplo Abd-El-Khalick et al., 2008; Park et al., 2020; Zambrano et al., 2020).

Outros dispositivos pedagógicos têm sido sugeridos para explorar a natureza da ciência, como o uso do teatro experimental científico, que visa envolver e fornecer um quadro para que participantes confrontem pontos de vista e expressem dúvidas.

Em um trabalho que usou essa abordagem com professores de ciências, Melo e Bächtold (2018) identificaram várias concepções criadas espontaneamente pelo grupo (como a subjetividade da ciência e a inserção social e cultural dela) que foram posteriormente discutidas e refletidas com a prática teatral. Fazendo uso da mesma estratégia, Burke e colaboradores (2018) obtiveram sucesso com o uso do teatro com grupos de estudantes da educação básica de diferentes realidades educacionais.

Para Hodson e Wong (2014), uma compreensão mais rica sobre o empreendimento científico pode ser alcançada com o contato direto dos(das) estudantes com cientistas. Tala e Vesterinen (2015) e Tsybulsky e colaboradores (2017) projetaram várias atividades baseadas na abordagem explícita de natureza da ciência e levaram estudantes para visitar laboratórios de pesquisa e dialogar com pesquisadores, indicando o sucesso das atividades em melhorar as concepções de certos aspectos de natureza da ciência na educação básica, como a natureza tentativa e social da ciência.

Complementando as estratégias e abordagens anteriores, Akerson e colaboradores (2010) buscaram organizar estratégias de ensino suportadas por evidências de pesquisa que podem contribuir para o ensino e a aprendizagem de natureza da ciência por crianças pequenas. As autoras listaram estratégias como uso da literatura infantil, elaboração de pôster, uso de atividades investigativas com diferentes níveis de dificuldade, discussões com a turma estimulando o pensamento coletivo, uso de cadernos de campo, trabalhos em grupo, entre outras.

As estratégias, abordagens e práticas mencionadas até aqui justificam-se por criaram ambientes autênticos de aprendizagem e pelas evidências de que os conhecimentos produzidos por atividades de aprendizagem estão ligados às situações em que eles são aprendidos (Edelson, 1998). Sobre isso, Schank (1982) afirmou que ao aprender, os indivíduos usam recursos de uma situação para indexar suas memórias e poder acessar o conhecimento em situações futuras. Assim, o ensino e a aprendizagem das diferentes dimensões do conhecimento científico precisam ajudar os(as) estudantes a vivenciarem situações de práticas e escolhas que os(as) insira em situações autênticas, não lineares (sem seguir um conjunto prescrito de passos ordenados) e estimulantes, seja vivenciando narrativas (por meio de casos históricos, leituras, filmes, etc.), visitando ambientes de trabalho de cientistas, executando investigações ou resolvendo problemas (com o uso de questões sociocientíficas, por exemplo). Como pontuado por DeBoer (2000), para que seja capturada a ideia multidimensional e ampla da natureza da ciência (e não uma visão pouco informada, de uma ciência empírico-indutivista, acumulativa de

crescimento linear e descontextualizada socialmente) é preciso investir em abordagens pedagógicas criativas e específicas para explorar a natureza da ciência.

Conhecimentos sobre a natureza da ciência auxiliam a desenvolver um entendimento mais sofisticado sobre o mundo e as informações que o circulam. Eles contribuem para a avaliação crítica de intervenções científicas na sociedade, para melhorar as habilidades de argumentação, para potencializar a aprendizagem de conceitos e para desenvolver uma atitude positiva frente a temas científicos (Duschl, 1990; McComas et al., 1998; Hand et al., 1999). O ensino sobre a ciência tem o potencial de formar pessoas preparadas para abordar conscientemente as discussões de natureza científica e que possuem impactos diretos no bem-estar das comunidades contemporâneas (McComas, 2014).

Em síntese, almeja-se reforçar que, como apontado na Introdução e ao longo deste capítulo, uma perspectiva ampla e multidimensional da ciência e de sua natureza são fundamentais para a formação cidadã frente aos desafios da pós-modernidade. Essa é a visão que fundamenta e justifica o presente trabalho. O ensino de ciências pautado na alfabetização científica e que explora aberta e contextualizadamente as características do empreendimento científico pode contribuir para encorajar e motivar a participação na ciência, ajudando futuros adultos a compreenderem as intricadas relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

# CAPÍTULO 2
## Mapeando a natureza da ciência em dimensões curriculares

### 2.1. Perguntas de pesquisa

Este capítulo apresenta as perguntas de pesquisa da tese e a fundamentação metodológica para respondê-las, tendo em conta que, a partir do exposto no Capítulo 1, fica evidente que ensinar *sobre* a natureza da ciência é um dos objetivos do ensino de ciências (Acevedo et al., 2005). A natureza da ciência gradativamente tem passado a integrar documentos curriculares prescritivos, materiais didáticos de ciências naturais da educação básica e pesquisas empíricas ao redor do mundo. No Brasil, olhar para como a natureza da ciência aparece em currículos é um tema pouco explorado nas pesquisas em ensino (Azevedo & Scarpa, 2017), seja devido a uma cultura escolar voltada tradicionalmente para a memorização (Sasseron & Carvalho, 2008) — que se reflete também nos materiais didáticos produzidos —, seja pelo caráter relativamente recente da natureza da ciência nas discussões curriculares.

Considerando que a falta de conhecimento sobre a natureza da ciência por parte de estudantes e professores tem sido consistentemente evidenciada pelas pesquisas, o currículo prescrito poderia se constituir como fonte confiável para auxiliar os professores a incluírem a natureza da ciência no cotidiano e nas práticas escolares. Nesse sentido, mostra-se relevante a análise da inclusão da natureza da ciência no *currículo apresentado aos professores*, na forma de materiais didáticos. Afinal, muitos professores buscam neles recursos, instruções e até mesmo embasamento teórico para implementar melhorias em suas práticas docentes.

Diante do exposto brevemente até aqui e dos pressupostos da área de ensino de ciências apresentados na fundamentação teórica desta tese, há uma evidente necessidade de compreender de que forma as diferentes dimensões de currículo podem contribuir para o desenvolvimento pelos(as) estudantes de visões de ciência consideradas bem informadas, em consonância com as pesquisas da área. Torna-se relevante mapear como diferentes dimensões de currículo têm incluído as recomendações de pesquisas em ensino de ciências, com vistas à promoção de situações de aprendizagem que incluam os diferentes aspectos do empreendimento científico.

Este trabalho representa um esforço inicial para identificar **como oportunidades de ensino sobre a natureza da ciência estão expressas em diferentes dimensões de currículos de Ciências Naturais, analisando o**

**contexto específico da reforma curricular da rede escolar municipal de São Paulo.** Para responder a essa proposta, parte-se das dimensões delineadas no modelo de interpretação de currículo de Gimeno-Sacristán (2017): o *currículo prescrito* e o *currículo apresentado aos professores*. Para tanto, objetiva-se responder a duas perguntas que abarcam pontos estratégicos dos currículos prescritos nacional e municipal e do currículo apresentado aos professores, como será apresentado adiante.

**Pergunta de pesquisa 1:** *Os documentos curriculares prescritivos de referência adotados pela rede municipal de São Paulo oferecem oportunidades para que estudantes possam interpretar a confiabilidade das afirmações científicas para a tomada de decisão?*

A rede municipal de ensino de São Paulo havia iniciado em 2017 o processo de atualização curricular, buscando construir um currículo local em conformidade com a Base Nacional Comum Curricular do Ensino Fundamental. Os documentos curriculares prescritivos possuem um impacto substancial nas escolas e nas experiências de aprendizagem que serão oferecidas aos estudantes. Dado que produtores de materiais didáticos tomam por base o currículo prescrito, é importante compreender como a natureza da ciência está presente nessa dimensão curricular.

A pergunta de pesquisa 1 leva em consideração que os documentos prescritivos nacional e local (a Base e o Currículo da Cidade de São Paulo) ampliam visões de documentos anteriores e declaram preocupações com a alfabetização científica, que envolve o ensino *sobre* a ciência. Olhar para como a natureza da ciência é expressa nesses documentos é particularmente importante porque eles podem expressar ideias mais ou menos informadas sobre o conhecimento científico, assim como comunicar ideias que reforcem uma visão de ciência que se deseja desmistificar, por conter estereótipos, como a linearidade, a neutralidade e a imutabilidade do conhecimento científico e a existência de um método científico único, desvinculando o fazer científico de fatores individuais, sociais, culturais e econômicos (McComas, 1998).

Porém, mais do que olhar para a natureza da ciência presente nesses documentos, pretende-se analisar se eles dialogam com a perspectiva da Ciência Integral (Allchin, 2011). Como apresentado no Capítulo 1, essa perspectiva afirma a necessidade de que os(as) estudantes tenham um conhecimento funcional sobre a ciência. Além de compreenderem como a ciência é produzida, devem conhecer as

suas dimensões de credibilidade, para que possam tomar decisões bem informadas relacionadas a conhecimentos científicos. Para investigar se os currículos prescritos oferecem tais oportunidades, a pergunta foi segmentada em outras subperguntas, que incorporam os princípios da Ciência Integral propostos por Allchin (2011) (indicados pelos trechos sublinhados nas perguntas a seguir):

**P1A:** *Os currículos prescritos adotados pela rede municipal de São Paulo oportunizam trabalhar as dimensões de credibilidade da ciência?*

**P1B:** *Os currículos prescritos adotados pela rede municipal de São Paulo apresentam oportunidades de ensino com foco no fazer ciência?*

**P1C:** *Há indicativos de articulação entre as dimensões de credibilidade da ciência e o fazer ciência nos currículos prescritos da rede municipal de São Paulo?*

**P1D:** *O que revela o contraste entre os currículos prescritos nacional e local (especificamente da rede municipal de São Paulo) quanto ao ensino sobre a natureza da ciência?* Analisar o contraste entre essas diferentes dimensões curriculares pode ajudar a perceber as complexidades e especificidades de cada uma delas quanto ao ensino sobre a natureza da ciência, dadas as suas diferentes finalidades. Empregando o constructo natureza da ciência, pretende-se evidenciar os possíveis espaços de ensino *sobre* a ciência. Em particular, pretende-se identificar, nos currículos prescritos, como a natureza da ciência aparece ao longo dos ciclos de aprendizagem que compõem o Currículo da Cidade de São Paulo.

**Pergunta de pesquisa 2:** *Como o* currículo apresentado aos professores *da rede municipal de São Paulo, na forma de sequências didáticas investigativas, explora oportunidades de ensino sobre a natureza da ciência?*

Essa questão de pesquisa parte de dados empíricos prévios que apontam que a natureza da ciência é frequentemente abordada de forma *distorcida* em materiais didáticos (e.g. MacDonald & Abd-El-Khalick, 2017) e que professores possuem grande dependência desses materiais (Chiappetta et al., 2006). Além disso, há um vasto conjunto de evidências demonstrando a dificuldade de criar materiais contextualizados no que tange ao ensino *sobre* a ciência (Irez, 2008), apesar de o potencial de abordagens como a do ensino de ciências por investigação já terem sido relatados amplamente como estratégias vantajosas para trabalhar a natureza da ciência (Osborne, 2006).

Para responder à questão, pretendeu-se olhar, inicialmente, para temas que também dialogam com as dimensões de credibilidade da ciência (Allchin, 2011), pois entendemos que elas ampliam os conhecimentos *sobre* a ciência. Para

identificar *como* a natureza da ciência aparece no *currículo apresentado aos professores*, considerou-se a *forma* pela qual essa dimensão curricular apresenta oportunidades para abordar a natureza da ciência no contexto das aulas de ciências.

Assim, para responder à **pergunta central da tese**, as respostas às subperguntas 1 e 2 foram consideradas conjuntamente, possibilitando estabelecer relações e contrastes entre os currículos prescritos e o *currículo apresentado aos professores* e permitindo identificar oportunidades de ensino sobre a natureza da ciência.

## 2.2. Procedimentos e Fundamentação Metodológica

As estratégias metodológicas empregadas nesta tese compreenderam análises quantitativas e qualitativas de forma integrada, tomando como base tanto a literatura específica sobre natureza da ciência, quanto referências metodológicas sobre a análise de documentos e dados textuais.

Para alguns autores (e.g. Mackenzie & Knipe, 2006), os métodos quantitativos e qualitativos são considerados ferramentas complementares. De acordo com Gorard e Taylor (2004), a utilização de um método misto de pesquisa visa ampliar a exploração de informações úteis para um estudo e tem sido empregado como elemento chave para a pesquisa em educação. Flick (2004) afirmou que um método misto pode ajudar a evitar reducionismos na interpretação, além de permitir identificar melhor o papel de certas variáveis e explorar uma visão mais global de um fenômeno. No contexto deste trabalho, tal escolha representa uma tentativa de acessar diferentes tipos de evidências que possam ajudar na ampliação do entendimento acerca das questões motivadoras aqui expostas.

Este trabalho pode ser considerado como uma pesquisa descritiva, visto que está interessado em descrever, classificar e interpretar dados, mas não tem como testá-los (Rudio, 1985). Almeja-se, conforme poderá ser verificado mais adiante, trazer análises e descrições detalhadas da realidade apresentada nos textos e documentos. Segundo a definição de outros autores, como Gil (2009), este trabalho pode, ainda, ser caracterizado como uma pesquisa exploratória, por permitir aprimorar ideias, conhecer melhor uma certa realidade e torná-la mais nítida. As seções seguintes irão apresentar os diferentes procedimentos adotados diante da metodologia de análise de conteúdo que foi empregada como eixo central das análises.

### 2.2.1. Contexto e objetos analisados

As análises foram realizadas em documentos curriculares originados em um contexto de reforma curricular da rede municipal de educação de São Paulo, cuja implementação foi iniciada no final de 2017. Dentre as iniciativas e produções textuais coordenadas pela Secretaria Municipal de Educação de São Paulo, o processo de implementação de um novo currículo para o início de 2018 contou com a elaboração de um currículo prescrito local – o *Currículo da Cidade* – e uma coleção de materiais didáticos – os *Cadernos da Cidade*. Em conjunto com a *Base Nacional Comum Curricular* de Ciências da Natureza do Ensino Fundamental, os documentos curriculares da cidade de São Paulo compreenderam os três objetos de análise desta tese, representando diferentes dimensões curriculares (Quadro 2.1).

**Quadro 2.1.** Objetos analisados na tese conforme a dimensão curricular.

| **Dimensão curricular** | **Objeto analisado** |
|---|---|
| *Currículo prescrito* nacional | *Base Nacional Comum Curricular* de Ciências da Natureza do Ensino Fundamental (MEC, 2017) |
| *Currículo prescrito* municipal | *Currículo da Cidade de São Paulo* de Ciências Naturais (SME SP, 2017) |
| *Currículo apresentado aos professores* | *Cadernos da Cidade* de São Paulo de Ciências Naturais (1º ao 9º ano). |

O **primeiro objeto de análise** da tese é a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) do Brasil. A Base é

> um documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica, de modo a que tenham assegurados seus direitos de aprendizagem e desenvolvimento, em conformidade com o que preceitua o Plano Nacional de Educação." (MEC, 2017, p.7).

Em aproximadamente 600 páginas, apresenta as dez competências gerais que se espera que os(as) estudantes desenvolvam ao longo da Educação Infantil, do Ensino Fundamental e do Ensino Médio. Como seu próprio nome declara, a Base não se propõe a ser um currículo nacional para todas as escolas, mas sim uma referência para as redes, sistemas e instituições escolares do país, um instrumento para garantir "um patamar comum de aprendizagens a todos os estudantes". Nesse sentido, visa contribuir para "superar a fragmentação das políticas educacionais", fortalecer o "regime de colaboração entre as três esferas de governo" e balizar a "qualidade da educação" (MEC, 2017, p.8).

Prevista pela Constituição da República Federativa do Brasil (1988), em seu artigo 210, e regulamentada pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (1996), no artigo 26, ela tem sua elaboração impulsionada pelo Plano Nacional de Educação (2014), que tem quatro de suas 20 metas para melhorar a educação tratando sobre a BNCC. Após duas versões submetidas a escrutínio público (em 2015 e 2016), a terceira versão da BNCC foi homologada em 2017 para as etapas da Educação Infantil e do Ensino Fundamental e em 2018 para o Ensino Médio.

Antes disso, as equipes escolares utilizaram como referência os Parâmetros Curriculares Nacionais, consolidados de 1996 a 2000; foi instituído o Programa Currículo em Movimento, de 2008 a 2010, e foram estipuladas as Diretrizes Curriculares Nacionais, definidas entre 2010 e 2012 para as diferentes etapas da Educação Básica. No momento da finalização desta tese, a Base tem sido progressivamente implementada nas diferentes unidades federativas do país.

Para este trabalho, analisou-se a área de conhecimento do Ensino Fundamental Ciências da Natureza, cujo componente curricular correspondente é o de Ciências, que organiza as aprendizagens essenciais em três unidades temáticas (Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo). Cada uma delas contempla, para cada ano, objetos de conhecimento específicos, aos quais se relacionam diversas habilidades descritas com uma estrutura padronizada e identificadas por códigos alfanuméricos.

A forma como a BNCC foi aprovada e os conteúdos presentes em suas páginas suscitaram opiniões divergentes (por exemplo, Neira, 2018). A despeito das importantes críticas que recebeu, que serão retomadas mais adiante neste trabalho, a Base, enquanto documento de referência nacional para adequação e construção de currículos das diversas unidades federativas do país, tem significativa importância para os estudos sobre natureza da ciência. Tal relevância reside no fato de que, conforme apresentado no Capítulo 1, documentos curriculares e pesquisas em educação em ciências ao redor do globo têm se preocupado em incluir os conhecimentos *sobre* a ciência como um dos objetivos do ensino de ciências naturais, devido às suas contribuições para a formação das novas gerações. Além disso, a Base tem um papel de destaque na educação nacional, impactando a formação de professores e a elaboração de materiais didáticos.

O **segundo objeto de análise** da tese é o Currículo da Cidade de São Paulo de Ciências Naturais, elaborado pela Coordenadoria Pedagógica da Secretaria Municipal de Educação ao longo de 2017, tendo a BNCC como referência. São Paulo foi a primeira cidade do Brasil a reelaborar seu currículo, dando seguimento a um

dos objetivos relacionados à Base, que era o de ter, até 2020, todos os currículos estaduais e municipais reelaborados e os Projetos Políticos Pedagógicos das escolas revisados com base nesses novos currículos locais.

O documento declara-se ser norteado por cinco premissas (continuidade, relevância, colaboração e contemporaneidade), três conceitos norteadores (educação integral, equidade e educação inclusiva) e nove princípios que integram a Matriz de Saberes do Currículo da Cidade (baseada nas competências gerais da Base). Todos esses elementos estão descritos no corpo do documento, que traz uma organização em três ciclos de aprendizagem: ciclo de Alfabetização (1º ao 3º ano), ciclo Interdisciplinar (4º ao 6º ano) e ciclo Autoral (7º ao 9º ano). A interação entre os diferentes elementos do currículo de Ciências Naturais é apresentada como um disco dinâmico formado por cinco círculos concêntricos, com diâmetros crescentes e que tem os objetivos de aprendizagem e desenvolvimento no círculo mais interno.

Partindo do disco mais externo temos (i) os três eixos estruturantes da alfabetização científica (entendimento das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente; compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos, e compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática); (ii) as cinco abordagens temáticas (Linguagem, representação e comunicação; Práticas e processos investigativos; Elaboração e sistematização de explicações, modelos e argumentos; Relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente; Contextualização social, cultural e histórica); (iii) as três práticas científicas (tratamento da informação; plano de trabalho e construção de explicação); (iv) os três eixos temáticos (Cosmos, Espaço e Tempo; Vida, Ambiente e Saúde e Matéria, Energia e suas transformações), os quais apresentam, para cada ano pedagógico, objetos do conhecimento e (v) os objetivos de aprendizagem e desenvolvimento específicos, do 1º ao 9 º ano do Ensino Fundamental. Os objetivos de aprendizagem e desenvolvimentos apresentam relações explícitas com os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – conjunto de compromissos assumidos pelos países-membros da Organização das Nações Unidas até o ano de 2030 com vistas a promover o desenvolvimento sustentável.

Como apontado, segundo o próprio documento, os eixos estruturantes da Alfabetização Científica fazem parte do currículo de Ciências, havendo, portanto, uma preocupação explícita com saberes e conhecimentos *sobre* a ciência:

> Neste currículo de Ciências Naturais, conteúdos, práticas e contextos se entrelaçam com o intuito de promover a Alfabetização Científica. Para tanto, utilizamos, como referência, três eixos estruturantes – propostos por Sasseron e Carvalho (2008) – os quais auxiliam no planejamento de aulas de Ciências que dialogam com a concepção proposta neste documento. (...) Os três eixos estruturantes da Alfabetização Científica são igualmente importantes e vinculam-se à prática de sala de aula do ensino de Ciências, devendo ser contemplados com o mesmo investimento nas escolhas curriculares, metodológicas e avaliativas, de modo a contribuir com a formação integral dos estudantes. (SME, 2017, pp.70-71, grifo nosso).

A inclusão da natureza da ciência de forma evidente no Currículo da Cidade, juntamente com outras intencionalidades relacionadas ao ensino *sobre* a ciência – expressas tanto no trecho anterior (último trecho grifado no trecho selecionado acima) como em outras partes do documento – torna essa uma dimensão curricular relevante para as pesquisas sobre o ensino de natureza da ciência.

O **terceiro objeto de análise** desta pesquisa é composto por uma coleção intitulada *Caderno da Cidade: Saberes e aprendizagens*. Ao todo, a coleção de ciências naturais possui 48 sequências didáticas com 372 atividades no total. O material foi produzido a partir de 2017 por uma equipe especializada de 11 autores, supervisionados por duas assessoras (professoras doutoras da Universidade de São Paulo) e pela *Coordenadoria Pedagógica da Secretaria Municipal de Educação de São Paulo*, sendo publicado e distribuído nas escolas da prefeitura de São Paulo a partir de 2018 em dois volumes para cada ano escolar. Na primeira triagem, foram entregues cerca de 40 mil cadernos para os(as) estudantes do ensino fundamental das 13 diretorias regionais de ensino, totalizando 555 escolas municipais da rede. Em 2019, os cadernos foram revisados e passaram a ser compostos por um volume único para cada ano escolar (Apêndice A). A partir de 2020, grande parte do material passou a ser disponibilizado também de forma aberta no portal online da SME SP.

Apesar de serem entregues nas escolas da rede, os cadernos não são de uso obrigatório. Segundo o texto de apresentação presente em todos os volumes, o objetivo do material "*é articular práticas possíveis de serem desenvolvidas em sala de aula com os documentos curriculares que estão vigentes em nossa Rede.*" Assim, como apresentado no currículo prescrito municipal, o material também apresenta a

perspectiva na qual se baseia, deixando clara a importância que dá para a Alfabetização Científica e os aprendizados *sobre* a ciência:

> Sendo assim, torna-se necessário que a perspectiva do ensino de ciências seja ampliada do desenvolvimento de habilidades de memorização e identificação de conceitos para a compreensão, também, de como o conhecimento científico é construído, e de como as ciências se relacionam com a sociedade, o ambiente e a tecnologia. Nessa perspectiva, a Alfabetização Científica é vista como um objetivo do ensino de ciências. (SME SP, 2019a, p.3, grifo nosso).

Por fim, nos textos de apresentação de todos os volumes dos cadernos de ciências, endereçados aos(às) professores(as), declara-se que eles foram estruturados pela abordagem do ensino de ciências por investigação:

> Além disso, com a intenção de integrar as abordagens temáticas e práticas científicas, as sequências didáticas foram pensadas na perspectiva do ensino por investigação, caracterizando-se como Sequências Didáticas Investigativas. De uma maneira geral, cada unidade (ou cada sequência didática investigativa) cumpre um ciclo investigativo completo, com níveis de complexidade distintos para cada ciclo do Ensino Fundamental. (SME SP, 2019a, p.8, grifo nosso).

As unidades que compõem os Cadernos da Cidade são consideradas sequências didáticas porque apresentam coesão entre os objetivos e as estratégias didáticas ao trazerem atividades "ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos estudantes" (Zabala, 1998, p.18). Dolz e colaboradores (2004) assumem que sequências didáticas compreendem conjuntos de atividades que auxiliam processos de ensino e aprendizagem, por meio do planejamento, organização e sistematização de objetivos. Adicionalmente, elas são investigativas porque procuram colocar aprendizes em contato com investigações e resoluções de problemas. Segundo a perspectiva teórica apresentada nas *Orientações didáticas do currículo da cidade: Ciências Naturais* (SME SP, 2018), há uma intencionalidade ao utilizar o ciclo investigativo proposto no trabalho de revisão de Pedaste e colaboradores (2015). Nessa perspectiva, há cinco fases complementares e que podem ocorrer de forma não linear e não exclusiva: orientação, conceptualização, investigação, conclusão e discussão, todas compostas por outras sub-etapas que ajudam a sistematizar o desenvolvimento de atividades de investigação. Com base nesses pressupostos, os materiais didáticos analisados na tese estão sendo caracterizados como sequências didáticas investigativas.

No contexto das análises propostas no presente trabalho, essa é uma característica importante do material. Como apontado no Capítulo 1 (e será detalhado, também, mais adiante), o ensino por investigação tem se mostrado uma abordagem pedagógica promissora para a promoção de situações autênticas e contextualizadas segundo a literatura (Schwartz et al., 2004; Schwartz & Crawford, 2004), o que pode contribuir para o desenvolvimento de concepções bem informadas sobre a natureza da ciência. Para análise apresentada neste estudo, consideramos os volumes únicos da versão comentada para os(as) professores e que foi revisada em 2018. Foram desconsideradas de todas as análises desta tese as oito sequências didáticas de minha autoria que fazem parte dos Cadernos da Cidade.

### 2.2.2. Procedimentos de análise

Para responder às perguntas de pesquisa, partiu-se dos princípios da análise de conteúdo de Bardin (2011). Segundo a autora, a análise de conteúdo busca uma descrição objetiva, sistemática, quantitativa e qualitativa do conteúdo de um conjunto de dados. Trata-se de um método empírico composto por um conjunto de instrumentos que são refinados continuamente. A análise de conteúdo pode ser entendida como um conjunto de técnicas para analisar comunicações (Bardin, 2011) e, por esse motivo, pode envolver diferentes campos de conhecimento, como a Linguística, métodos semânticos, métodos estéticos, entre outros (Franco, 1986). Ela pressupõe que o(a) pesquisador(a) conheça o assunto a ser pesquisado e esteja familiarizado com o contexto dos dados, principalmente porque toda a pesquisa qualitativa, por dispor de dados que podem não ser analisados estatisticamente, lida com camadas de interpretação e abstração (Patton, 2002; Bengtsson, 2016).

A análise de conteúdo é, então, uma forma sistematizada de atribuir sentido a dados derivados de fontes diversas, como textos ou imagens escritas (Downe-Wambolt, 1992). Para as análises deste estudo, procurou-se seguir os princípios sugeridos por Bengstsson (2016) que sistematizam a análise de conteúdo em fases subsequentes e interpretativas que envolvem descontextualização, recontextualização, categorização e compilação. Essas etapas foram seguidas sabendo-se, porém, que os dados que emergem da pesquisa qualitativa podem ser difíceis de replicar, dado o contexto específico do qual emergem (Morse & Richards, 2002).

Para responder às perguntas de pesquisa, que se referem às diferentes dimensões curriculares, foram, então, analisados três objetos, adotando-se como referência ferramentas metodológicas (Figura 2.1) que se complementam e geram

diferentes tipos de evidência. Consoante aos princípios da análise de conteúdo, os trechos textuais selecionados dos documentos curriculares passaram por etapas de categorizações, sintetização, novas seleções, recontextualização e compilação. Na sequência, são apresentadas as estratégias e ferramentas metodológicas usadas ao longo das análises apresentadas na tese.

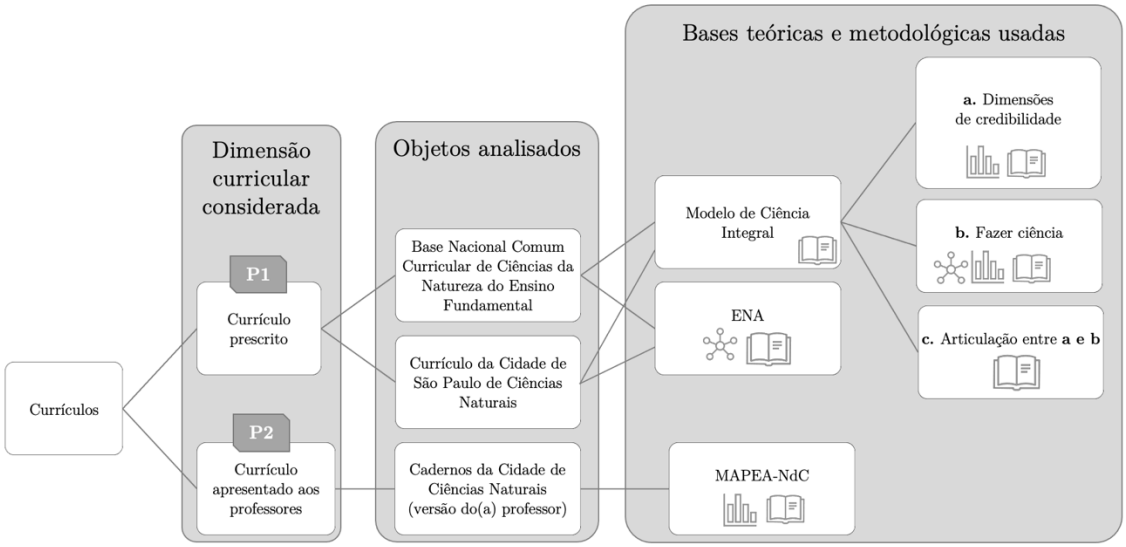



**Figura 2.1.** Relações entre as dimensões curriculares estudadas, os objetos analisados na tese e as bases teórico-metodológicas consideradas para as análises. Os ícones indicam os tipos de dados e evidências gerados e analisados na pesquisa: gráficos, redes e textos. P1 e P2 indicam as perguntas de pesquisa da tese.

#### 2.2.2.1. Identificação de temas associados às dimensões de credibilidade da ciência

Conforme apresentado previamente, as perguntas de pesquisa estão embasadas na perspectiva da Ciência Integral proposta por Allchin (2011). Para o autor, a natureza da ciência não pode ser adequadamente expressa por listas de princípios, mas precisa ser compreendida por um conjunto de dimensões relativas à confiabilidade do conhecimento científico (Quadro 2.2) e que visa ajudar estudantes a desenvolverem habilidades interpretativas.

A relação preliminar organizada por Douglas Allchin difere de listas publicadas anteriormente na literatura específica, isso porque ela não traz princípios declarativos, mas dimensões de credibilidade que abarcam, inclusive, dimensões que filósofos não costumam incluir ao abordar a epistemologia da ciência, como métodos de investigação, por exemplo. Consideramos que a proposta do autor é útil para o ensino e para a análise curricular que estamos propondo, pois ela pode assumir, mais facilmente, um caráter funcional e interpretativo do conhecimento por parte dos estudantes quando são confrontados por situações em que o conhecimento

científico precisa ser avaliado. Assim, para responder à pergunta **P1A**, partiu-se das dimensões de credibilidade da ciência apresentadas por Allchin (2011) como categorias de análise definidas *a priori*.

**Quadro 2.2.** Dimensões de credibilidade da ciência (Allchin, 2011, p.525) utilizadas como categorias para identificar temas nas diferentes dimensões curriculares analisadas.

| **Dimensão** | **Pontos relacionados à natureza da ciência** |
|---|---|
| Observação e raciocínio | a. Relevância das evidências<br>b. Papel do estudo ou observação sistemáticos (*versus* anedota)<br>c. Completude / Integridade das evidências<br>d. Robustez (concordância entre diferentes tipos de dados)<br>e. Papel da probabilidade na inferência<br>f. Explicações alternativas<br>g. Verificabilidade da informação *versus* valores |
| Métodos de investigação | a. Experimentos controlados<br>b. Estudos cegos e duplo-cegos<br>c. Análise estatística dos dados e do erro<br>d. Replicabilidade e tamanho da amostra<br>e. Correlação *versus* causalidade |
| História e criatividade | a. Conciliação com evidências já estabelecidas<br>b. Papel da analogia e do pensamento interdisciplinar<br>c. Mudança conceitual<br>d. Erro e incerteza<br>e. Papel da imaginação e da síntese criativa |
| Contexto humano | a. Espectro das motivações para fazer ciência<br>b. Espectro das personalidades humanas na ciência |
| Cultura | a. Papel das crenças culturais (ideologia, religião, nacionalidade etc.)<br>b. Papel do viés de gênero<br>c. Papel do viés racial ou de classe |
| Interações sociais entre cientistas | a. Colaboração ou competição entre cientistas<br>b. Formas de persuasão<br>c. Credibilidade<br>d. Revisão por pares<br>e. Limites das perspectivas teóricas alternativas e críticas<br>f. Resolução de pontos conflitantes<br>g. Liberdade acadêmica |
| Processos cognitivos | a. Viés de confirmação, papel das crenças anteriores<br>b. Percepções de risco emocionais versus baseadas em evidências. |
| Economia e financiamento | a. Fontes de financiamento<br>b. Conflitos com interesses pessoais |
| Instrumentação e práticas experimentais | a. Novos instrumentos e a validação deles<br>b. Modelos e organismos-modelos<br>c. Ética na experimentação com seres vivos* |
| Comunicação e transmissão do conhecimento | a. Normas de manipulação de dados científicos<br>b. Natureza dos gráficos<br>c. Credibilidade das várias revistas científicas e dos meios de comunicação<br>d. Fraude e outras formas de má-conduta<br>e. Responsabilidade social dos cientistas |

*Originalmente o item referia-se à ética na experimentação com seres humanos. Fonte: Traduzido e modificado (*) de Allchin (2011, p.525).

As dimensões de credibilidade foram usadas para identificar a presença de temas associados a elas nas habilidades da *Base Nacional Comum Curricular de Ciências Naturais do Ensino Fundamental* e nos objetivos de aprendizagem e desenvolvimento do *Currículo da Cidade de São Paulo de Ciências Naturais do Ensino Fundamental*. Os textos foram organizados em um banco de dados, contendo a indicação de sua origem (Base ou Currículo da Cidade) e o ciclo de aprendizagem ao qual pertencem, considerando a divisão do Currículo da Cidade - ciclo de Alfabetização (1º ao 3º ano), ciclo Interdisciplinar (4º ao 6º ano) e ciclo Autoral (7º ao 9º ano).

Trabalhos anteriores que analisaram a presença da natureza da ciência em documentos curriculares prescritivos em outros países partiram de aspectos presentes em outros modelos teóricos, como o da visão consensual e do modelo de semelhança familiar. Neste trabalho, optou-se por usar as dimensões de credibilidade da ciência sugeridas por Allchin porque elas esmiúçam vários aspectos presentes nesses dois modelos, além de apresentarem-se de forma que consideramos operacionalizável sob a perspectiva da análise.

Os fragmentos de textos foram categorizados, gerando matrizes de presença e ausência. É importante ponderar que, dada a natureza dos trechos analisados, a categorização deles não é independente uma da outra, assim, há trechos que apresentam mais de uma das dimensões presentes no Quadro 2.2. Com as matrizes, foi possível elaborar **gráficos** categóricos com base no número de ocorrências das dimensões conforme o ciclo de aprendizagem dos documentos curriculares prescritos.

#### 2.2.2.2. Análise das ações associadas ao fazer ciência

Para responder às questões **P1B** e **P1C**, foi realizada uma análise em duas etapas. A primeira delas consistiu em olhar para a presença de verbos nas habilidades da Base e nos objetivos de aprendizagem e desenvolvimento do Currículo da Cidade. A segunda etapa compreendeu buscar entender as possíveis relações entre esses verbos. Para tanto, foram usadas técnicas de estatística textual, com apoio do *software* de acesso aberto IRAMUTEQ (*Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires*), que roda com base no R (R Core Team, 2020).

Para essas análises, foi preciso criar um *corpus* textual, adotando os parâmetros requeridos pelo programa, a saber: deleção de códigos (a exemplo dos códigos da Base), aspas, apóstrofos, hifens, travessões, barras, cifrões, percentagens,

asteriscos, reticências, parênteses, letras e números soltos, variações de plural e gênero indicadas entre parênteses, medidas, funções matemáticas e referências temporais (como "a.C." [antes da era comum] e anos inicial e final de um período ou biografia). Ainda seguindo as recomendações técnicas, foram substituídos hifens por travessões (no caso de palavras compostas por hifens), números escritos por extenso pelos algarismos correspondentes (por exemplo: "vinte" foi trocado por "20") e frases com pronomes oblíquos por frases reescritas na forma direta, preservando o sentido original delas, porém suprimindo o hífen. Após a realização de todos esses procedimentos, os *corpus* textuais resultantes de cada documento curricular foram, então, submetidos às análises pelo programa.

No IRAMUTEQ, foram rodadas diferentes análises exploratórias visando refinar os dados e encontrar a melhor forma de representá-los. Isso foi executável porque por meio da interface do programa é possível recuperar os segmentos de textos analisados (que compõem o *corpus*) sempre que necessário. Embora a presença ou a ausência de certas palavras ou expressões já possam representar um fator significativo de análise, retomar os contextos nas quais as palavras emergem é fundamental (Bardin, 2011).

Os dados foram analisados considerando o processo de lematização, que deflexiona as palavras agrupando-as pelos seus *lemas,* ou raízes. Isso faz com que um mesmo verbo possa ser agrupado pelo infinitivo independentemente da forma de conjugação em que aparece no *corpus*. As análises geraram evidências que permitiram construir dois tipos de representações gráficas. A primeira foi um **gráfico de frequências,** que indica os verbos que aparecem mais de três vezes em cada um dos documentos e segundo os ciclos de aprendizagem. A relação entre os verbos foi analisada por **gráficos de similitude**, que permitem visualização a co-orrência entre palavras, podendo facilitar as análises ao facilitar o reconhecimento de conteúdos.

#### 2.2.2.3. Análise do contraste

A **análise de rede epistêmica (ENA)** foi usada para responder à pergunta **P1D**, pois ela possibilita compreender, via contraste e comparação, relações entre categorias que estão sendo consideradas em uma análise. Por meio dela é possível identificar conexões mais prevalentes. Pode-se considerar que este método tem aderência para uma análise nos currículos prescritos, pois entende-se que a presença da natureza da ciência em currículos precisa ocorrer de forma coerente e não isolada (Erduran & Dagher, 2014). A ENA tem sido utilizada para

avaliar dados categóricos de diferentes fontes, incluindo dados originados de interações (e.g. Shaffer & Ruis, 2017) e dados com visões sobre natureza da ciência (e.g. Peter-Burton, Parrish & Mulvey, 2019).

Para modelar relações, o algoritmo usado nas análises da ENA desta tese considerou matrizes de presença e ausência para montar redes resultantes de um conjunto de quatro linhas de dados. Na sequência, as redes foram agregadas em uma soma binária para refletir a presença ou ausência da co-ocorrência de pares de códigos. O modelo, então, normalizou as redes para todas as unidades de análise, para que fossem submetidas a uma redução dimensional, o que permite que diferentes unidades de análise possam ter diferentes quantidades de linhas codificadas no banco de dados (ver Shaffer, Collier & Ruis, 2016 para detalhamento matemático dessa modelagem).

As redes modeladas são visualizadas na forma de gráficos de redes, nos quais os nós são as categorias usadas na análise e as bordas indicam as frequências relativas de co-ocorrência entre duas categorias, indicando, portanto, a conexão entre elas. Cada unidade de análise apresenta como resultado um ponto traçado, para indicar a localização da rede em um espaço dimensional e o gráfico ponderado, que forma a rede. As posições dos nós com as categorias das redes são fixas no espaço. O modelo usado aqui considerou correlações com base em correlações de Pearson e Sperman para as duas dimensões (X e Y). Por fim, as redes representadas foram aquelas que indicam o melhor ajuste entre a visualização e o modelo real.

As redes foram criadas com base em um banco de dados organizado para a tese e que considerou as habilidades da *Base Nacional Comum Curricular de Ciências da Natureza do Ensino Fundamental* e os objetivos de aprendizagem e desenvolvimento do *Currículo da Cidade de São Paulo de Ciências Naturais do Ensino Fundamental* (Figura 2.2). A codificação dos trechos selecionados foi feita com base nas dimensões de credibilidade da ciência (Quadro 2.2), que está sendo usada como referencial teórico também para as outras análises da tese. Para validar as categorias, dez trechos foram selecionados ao acaso do banco de dados e categorizados por outra pesquisadora familiarizada com o constructo de Allchin (2011).

Além de identificar a fonte dos textos (Base ou Currículo da Cidade), também foram incluídos no banco de dados a categorização de cada fragmento de texto segundo os ciclos de aprendizagem do Currículo da Cidade de São Paulo (Ciclo de Alfabetização, Ciclo Interdisciplinar e Ciclo Autoral). Com as categorizações, o banco de dados compreendeu uma matriz com 3384 entradas. Na

sequência, o banco de dados foi analisado via *ENA WebKit* (Figura 2.2). As redes geradas foram analisadas levando em consideração a posição dos pontos traçados e a comparação entre redes médias geradas (Base e Currículo da Cidade; ciclos de aprendizagem). O contraste entre os documentos curriculares e os ciclos de aprendizagem foi estabelecido pelo resultado visual e estatístico das redes médias geradas. Os testes estatísticos foram feitos pelo teste de Mann-Whitney, considerado adequado para estatística bidimensional desse tipo de dado.

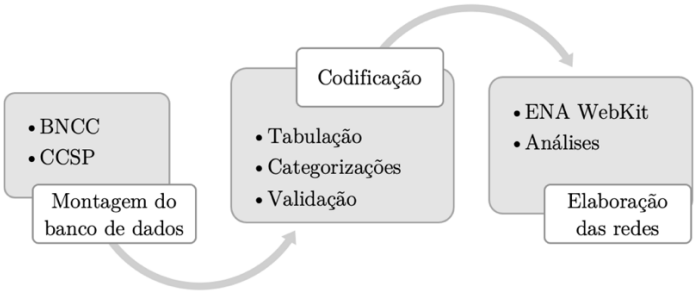



**Figura 2.2.** Síntese do processo de análise com base no método da ENA.

### 2.2.3. Elaboração da MAPEA-NdC

Para responder à **segunda pergunta de pesquisa**, foi elaborada uma matriz de análise. Em decorrência das especificidades dos dados aos contextos que os originam, a elaboração de instrumentos (como rubricas e matrizes) de análise apropriados e eficazes na operacionalização de definições para codificar grandes conjuntos de informações na pesquisa e no ensino constitui tarefa desafiadora. Contudo, a existência de um grande volume de informações a serem analisadas na presente pesquisa e o interesse em comparar várias características de atividades com base no que diz a literatura sobre a natureza da ciência motivou a elaboração de uma matriz, com vistas à sua potencialidade de generalização e ampliação para outros contextos.

Levantamentos exploratórios na literatura nacional e estrangeira sobre o ensino de natureza da ciência indicaram que, até o momento da elaboração da MAPEA-NdC, não havia ferramentas de análise desse tipo disponíveis para a pesquisa e/ou para o ensino. Há um grande número de trabalhos apontando *o que* ensinar sobre a natureza da ciência (e.g. McComas, Clough, & Almazroa, 1998; Lederman et al., 2002; Clough, 2006); refletindo como a natureza da ciência aparece em currículos (e.g. Pujalte et al., 2014) e em materiais didáticos (e.g. Summers & Abd-El-Khalick, 2018) com base em constructos mais recentes como o *FRA* (Erduran & Dagher, 2014) ou em bem estabelecidos, como a visão consensual (Abd-

El-Khalick, Bell, & Lederman, 1998; Lederman et al., 2002). Há também estudos identificando como a história e a filosofia da ciência estão presentes em livros didáticos (e.g. Carneiro & Gastal, 2005) e em currículos de diferentes nacionalidades (e.g. Yeh, Erduran, & Hsu, 2019).

A **M**atriz para **A**nálise das o**p**ortunidades de **E**nsino sobre a NdC em **A**tividades é uma *matriz* porque ela reúne diferentes atributos de interesse que estão organizados na forma de um conjunto de tabelas (também podendo ser consideradas como rubricas) para facilitar a identificação e avaliação de cada um deles (Quadro 2.3, apresentado ao final deste capítulo). O foco dela está na *análise das oportunidades de ensino*, o que quer dizer que ela parte da materialidade do que está registrado de forma escrita, compondo um planejamento descritivo de uma atividade didática de ciências. As oportunidades de ensino são analisadas sob as lentes de referenciais voltados para o *ensino sobre natureza da ciência*, o que faz com que os atributos escolhidos para compor a matriz estejam, portanto, sedimentados em pesquisas e trabalhos específicos sobre essa temática.

O nome da matriz enuncia um ensino *sobre* a natureza da ciência, pois entendemos que o uso da preposição *sobre* ajuda a comunicar a ideia de que refletir *sobre* a ciência demanda também o desenvolvimento de habilidades que contribuam para compreensão de questões que estão sob o escopo da ciência (Kötter & Hammann, 2017). Com isso, estamos dando destaque no nome não apenas ao que é ensinado sobre a ciência (conteúdos), mas também como isso ocorre na perspectiva do planejamento didático[1] (envolvendo estratégias e metodologias de ensino escolhidas).

O termo rubrica é ainda carregado de múltiplos significados entre educadores, especialistas e gestores da área de ensino, sendo considerado um termo difuso e opaco (Popham, 1997). O crescente uso do termo na pesquisa (ver Dawson, 2015) evidencia que há entusiasmos e resistências quanto a sua utilização na área educacional e na pesquisa, a depender dos contextos profissionais (Dawson, 2015). No presente trabalho, partiu-se da concepção de que uma rubrica é uma ferramenta que possibilita organizar informações sobre um conjunto de atributos, ou seja, características qualitativas daquilo que é avaliado, tendo como base um conjunto de categorias considerados de interesse para a análise.

---

[1] Entendemos que o planejamento didático compreende *o que* será ensinado, *como* será ensinado e *como sabemos* o que *foi aprendido* (avaliação). Apesar dessas três dimensões, neste trabalho não olhamos para a dimensão da avaliação.

Para a elaboração da MAPEA-NdC, foram levados em consideração referências sobre construção de rubricas (e.g. Popham, 1997; Tierney & Simon, 2004; Dawson, 2015), sobre a criação de instrumentos para análise de ambientes de ensino e de aprendizagem de disciplinas de STEM[2] (e.g. Shah et al., 2018) e sobre o ensino e a aprendizagem de natureza da ciência (apresentados detalhadamente mais adiante nas descrições dos diferentes atributos que compõem a matriz). As definições presentes na matriz estão embasadas em princípios, evidências e ideias que as pesquisas da área têm apontado consistentemente como fundamentais para o desenvolvimento de concepções bem informadas sobre a ciência e sobre a produção do conhecimento científico para estudantes da educação básica.

O trabalho de elaboração da matriz foi composto por quatro etapas (Figura 2.3) e manteve-se em diálogo com um trabalho inaugural sobre rubricas publicado por Popham (1997) e na elaboração de uma ferramenta de análise relatada por Shah e colaboradores (2018). A primeira delas consistiu em elencar atributos/critérios de interesse para qualificar o que a literatura da área considera relevante quanto ao ensino e à aprendizagem de natureza da ciência (Figura 2.3, etapa i). Esses atributos serão a partir de agora denominados de *pilares*.

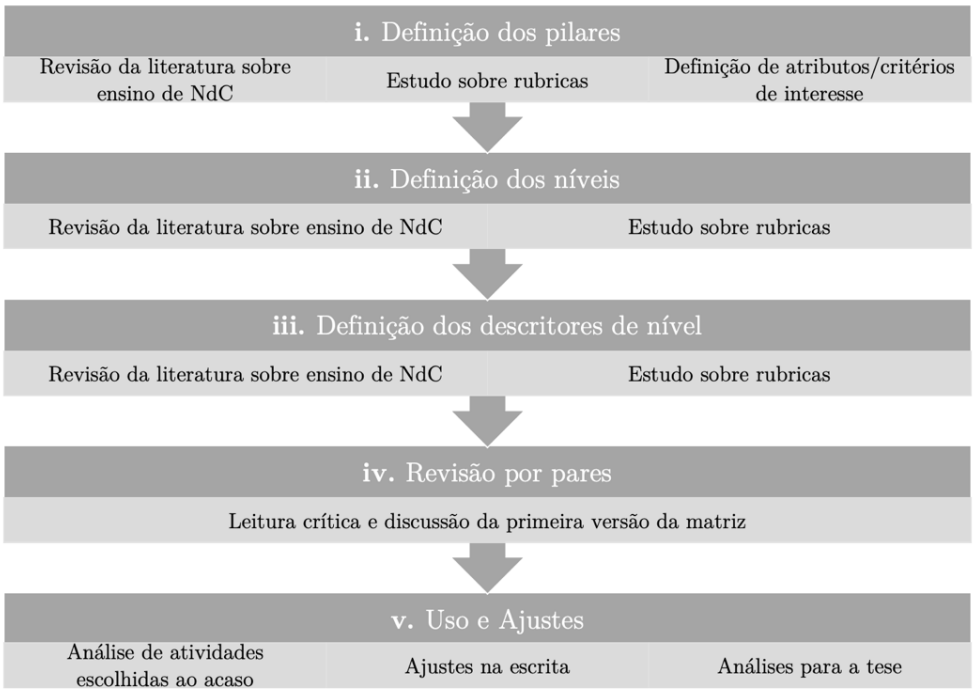



**Figura 2.3.** Síntese do processo de elaboração da MAPEA-NdC. Cada etapa (i a v) inclui as principais ações realizadas para a criação da matriz.

[2] Do acrônimo em inglês Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática.

Para delimitação dos pilares, realizou-se um levantamento inicial com base em trabalhos incluídos em revisões como as de Azevedo e Scarpa (2017), Amador-Rodríguez e Adúriz-Bravo (20018), Krupczak e Aires. (2018), Bejarano e colaboradores (2019) e Mendonça (2020). Na sequência, foram considerados (a) os trabalhos citados cujos títulos e/ou resumos traziam explicitamente conceitos que refletiam uma preocupação relacionada a *como ensinar* natureza da ciência e (b) que traziam no corpo do texto definições operacionalizáveis de conceitos. Eventualmente, trabalhos citados nesses textos selecionados também foram considerados, adotando-se os critérios (a) e (b) supracitados. O levantamento indicou a relevância de quatro pilares no rico debate existente na área: (i) ensino sobre a natureza da ciência (relação de conteúdos), (ii) ensino contextualizado, (iii) ensino explícito e (iv) ensino reflexivo (Quadro 2.3).

O termo *pilar* foi adotado porque entende-se que uma atividade é estruturada com base em um conjunto de pilares. São os pilares que dão sustentação teórica e pedagógica para o ensino sobre a natureza da ciência. Apesar disso, embora a MAPEA-NdC considere a existência de um conjunto de pilares, uma atividade ou sequência didática não precisa contemplar igualmente todos eles. Todavia, assumindo como referência a literatura considerada para a elaboração da matriz, pode-se inferir que quanto mais estruturados os pilares de uma atividade, possivelmente mais robusto será o suporte teórico e pedagógico que ela possui.

Outros temas, como o ensino pautado no diálogo e no acolhimento e a integração de atividades em uma sequência didática, também foram identificados no levantamento da literatura. Porém, optamos por não os incluir na primeira versão da matriz por falta de representatividade teórica na literatura, grande sobreposição com algum dos pilares anteriores e dificuldade de operacionalização (Figura 2.3, etapa i). Apesar da interdependência entre os pilares (por exemplo: o ensino contextualizado é fundamental para um ensino reflexivo), procuramos ideias-chave associadas a cada um deles nas referências consultadas, a fim de facilitar a identificação de cada um na atividade. Acreditamos que, com isso, podemos qualificar melhor um debate sobre esses diferentes pilares, dialogar com a literatura da área e aprofundar as análises resultantes do uso da matriz. A relação dos trabalhos utilizados para o embasamento teórico da MAPEA-NdC está no Quadro 2.4.

**Quadro 2.4.** Relação dos 50 trabalhos considerados para a delimitação dos pilares que compõem a MAPEA-NdC. Legenda: Células preenchidas indicam que o trabalho foi considerado para a elaboração do pilar. E. NdC. = ensino sobre natureza da ciência; EC = ensino contextualizado, EE = ensino explícito e ER = ensino reflexivo.

| Trabalho | Pilar em que foi considerado | | | |
|---|---|---|---|---|
| | E. NdC | EC | EE | ER |
| Abd-El-Khalick, 2013. | ■ | | | ■ |
| Aikenhead & Jegede, 1999. | ■ | ■ | ■ | |
| Akerson, Abd-El-Khalick, & Lederman, 2000. | ■ | | ■ | ■ |
| Akindehin, 1988. | ■ | | ■ | |
| Archer & Hugues, 2011. | | | ■ | |
| Barnes, Maas, Roberts, & Brownell, 2021. | | ■ | | |
| Barnes, Truong, & Brownell, 2017. | | ■ | | |
| Bell, Matkins, & Gansneder, 2011. | | ■ | ■ | |
| Bell, Mulvey, & Maeng, 2016. | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Braund & Reiss, 2006. | | ■ | | |
| Brunner & Abd-El-Khalick, 2020. | | ■ | ■ | ■ |
| Bulte, Westbroek, de Jong, & Pilot, 2006. | | ■ | | |
| Clark, Nguyen, & Sweller, 2006. | | | ■ | |
| Clough, 2006. | | | ■ | |
| Clough, 2003. | | | ■ | |
| Darner, 2019. | | ■ | | |
| Deci & Ryan, 2000. | | ■ | | |
| Duschl & Grandy, 2013. | ■ | | ■ | |
| Eastwood, Sadler, Zeidler, Lewis, Amiri, & Applebaum, 2012. | | ■ | ■ | ■ |
| Flick, 1995. | | | ■ | |
| Galili, 2019. | ■ | | | |
| Gauthier, 2014. | | | ■ | |
| Gess-Newsome, 2002. | | | ■ | |
| Giamellaro, 2014. | | ■ | | |
| Gilbert, 2006. | | ■ | | |
| Ivo & Dencuff, 2014. | | | ■ | |
| Karacam, Bilir, & Danisman, 2021. | | ■ | | |
| Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002. | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Kötter & Hammann, 2017. | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Küçük, 2008. | | | ■ | |
| Lave & Wenger, 1991. | | ■ | ■ | |
| Mesci, Schwartz, & Pleasants, 2020. | | | ■ | ■ |

(continuação) **Quadro 2.4.** Relação dos 50 trabalhos considerados para a delimitação dos pilares que compõem a MAPEA-NdC. Legenda: Células preenchidas indicam que o trabalho foi considerado para a elaboração do pilar. E. NdC. = ensino sobre natureza da ciência; EC = ensino contextualizado, EE = ensino explícito e ER = ensino reflexivo

| Trabalho | Pilar em que foi considerado | | | |
|---|---|---|---|---|
| | E. NdC | EC | EE | ER |
| Nashon & Anderson, 2013. | | ■ | | |
| Orgill, 2007. | | ■ | | |
| Piburn, Sawada, Turley, Falconer, Benford, Bloom, & Judson, 2000. | | ■ | ■ | |
| Piliouras, Plakitsi, Seroglou, & Papantoniou, 2017. | | | ■ | |
| Rios, Cheng, Totton, & Shariff, 2015. | | ■ | ■ | |
| Rivet & Krajcik, 2008. | | ■ | | |
| Rosenshine, 2008. | | | ■ | |
| Rudge & Howe, 2009. | | | ■ | ■ |
| Scharmann, Smith, James, & Jensen, 2005. | | ■ | ■ | ■ |
| Schwartz, Lederman, & Crawford, 2004. | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Smith & Scharmann, 2008. | ■ | ■ | ■ | |
| Son & Goldstone, 2009. | | ■ | | |
| Southerland & Scharmann, 2013. | | ■ | ■ | |
| Sweller, Kirschner, & Clark, 2006. | | | ■ | |
| Tala & Vesterinen, 2015. | | ■ | | |
| Tessmer & Richey, 1997. | | ■ | | |
| Trujillo & Tanner, 2014. | | ■ | ■ | |
| Williams & Rudge, 2019. | | ■ | ■ | ■ |

Dando prosseguimento às etapas de elaboração da matriz, foram estabelecidos níveis para cada um dos pilares (Figura 2.3, etapa ii). Há uma variedade de possibilidades aqui, sendo que a literatura sobre rubricas traz relatos variando de três a até oito níveis. Almejando fornecer um panorama detalhado sobre as atividades analisadas pela matriz, cada um dos pilares foi dividido para refletir as nuances e especificidades trazidas na literatura específica. Assim, a terceira etapa (Figura 2.3, etapa iii) consistiu em criar descritores específicos para cada um dos níveis, visando fornecer informações suficientes para classificar os materiais com base nas evidências escritas. Procurou-se, ainda, elencar atributos ou um conjunto de atributos para caracterizar cada um dos descritores, buscando um paralelismo (na forma e no conteúdo) na escrita que pudesse facilitar o processo de caracterização dentro dos descritores. A quarta etapa constituiu na revisão e avaliação por pares para refinamento dos descritores e textos da matriz (Figura 2.3, etapa iv). A última etapa (Figura 2.3, etapa v) consistiu em analisar nove atividades (uma para cada ano escolar) ao acaso, visando realizar ajustes na escrita e na

eventual organização da matriz. Por fim, a matriz foi usada para analisar as diferentes atividades presentes nos *Cadernos da Cidade*, que compõem o currículo apresentado aos professores.

Por *atividade* estamos nos referindo a um conjunto de ações registradas no texto escrito do material didático destinado a professores(as) e que possui um começo, um meio e um fim, com objetivos de ensino previamente estabelecidos e declarados. No contexto desta tese, consideramos como atividades as diferentes partes de uma sequência didática, seguindo a delimitação de atividades proposta no próprio material analisado.

**Para usar a MAPEA-NdC** é preciso considerar que ela está organizada em quatro pilares que dão sustentação a uma atividade didática. Além da descrição de cada um desses pilares, apresentamos adiante também algumas considerações teóricas e justificativas sobre a existência e a importância deles.

Cada pilar possui níveis (qualificadores), divididos em uma escala. A matriz possui descrições que ajudam nessa classificação. É preciso que o material analisado apresente evidências claras que justifiquem a inserção dele em um determinado nível na escala do pilar. Ao analisar uma atividade, buscam-se indicativos de que ela possa fomentar, promover, estimular ou instigar a ocorrência do tipo de ensino que nomeia cada um dos pilares. Assim, são consideradas evidências fragmentos de textos que ajudam a considerar uma atividade na categorização proposta pela matriz. São as evidências textuais que permitem classificar a atividade em um determinado pilar e, posteriormente, em um determinado nível dentro dele.

Deve-se analisar a atividade de interesse segundo a seguinte ordem dos pilares: ensino sobre natureza da ciência, ensino contextualizado, ensino explícito e ensino reflexivo. Embora os pilares sejam apresentados separadamente, eles estão teoricamente inter-relacionados, o que também traz alguns pontos de sobreposição (Figura 2.4). Essas sobreposições foram mantidas porque são fruto das definições encontradas na literatura e entende-se que elas revelam o caráter multifacetado do planejamento curricular ao articular objetivos e estratégias para atingir múltiplos objetivos de ensino.

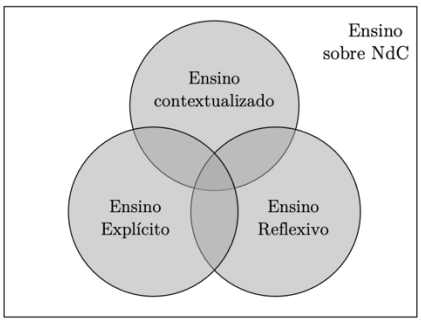



**Figura 2.4.** Representação das relações entre os pilares que compõem a MAPEA-NdC. O pilar *Ensino sobre NdC* precisa ser contemplado para que os outros pilares sejam considerados.

Com auxílio da MAPEA-NdC, a análise do currículo apresentado aos professores foi composta por três partes: (a) interpretação qualitativa – com base nos diferentes pilares da matriz – das atividades com compõem os *Cadernos da Cidade*, (b) cálculo da soma dos valores obtidos nos pilares da matriz, para chegar a um valor total para cada atividade (variando de 1 a 10) e (c) comparação dos valores obtidos para cada atividade, possibilitando calcular as médias e os desvios das atividades por ciclo de aprendizagem. Os resultados foram, então, sintetizados em **gráficos do tipo boxplot** e **gráficos de médias e desvios** considerando o valor obtido em cada pilar. Os resultados foram organizados nos gráficos levando em consideração os três ciclos de aprendizagem.

Para possibilitar que as discussões pautadas nos dados obtidos pela MAPEA-NdC pudessem ter algum nível de confiabilidade dos dados, adotou-se o princípio de estabilidade, conforme apresentado por Krippendorf (2004). Para isso, dez atividades dos Cadernos da Cidade foram analisadas ao acaso. Após um intervalo de uma semana, as mesmas atividades foram analisadas novamente. As duas codificações foram contrastadas utilizando o índice de Krippendorf (2004), assumindo 0,9 como valor mínimo aceitável, visto que a análise foi realizada por uma única codificadora (Sampaio & Lycarião, 2018). Ao atingir o nível de confiabilidade desejado, todas as atividades cujos resultados são apresentados no Capítulo 4 foram, então, analisadas.

#### 2.2.3.1. Pilar I – *Ensino sobre NdC*

Com este pilar, inicialmente almeja-se identificar a presença de aspectos sobre a natureza da ciência. Assim, a ausência de aspectos torna *dispensável* o uso da MAPEA-NdC. A análise dos demais pilares só faz sentido se a atividade escolhida incorporar a natureza da ciência como um conteúdo de ensino. Caso a atividade apresente um ou mais aspectos sobre a natureza da ciência, deve-se

identificar se esses aspectos aparecem de forma bem informada ou não (Quadro 2.3).

Ao usarmos o termo *aspectos de NdC* estamos nos referindo às várias características associadas à produção do conhecimento científico. Independentemente do referencial adotado (de quais são os aspectos a serem trabalhados na educação básica), aqui interessa verificar se, de alguma forma, as atividades de ciências dialogam com as diferentes metaciências (Filosofia da Ciência, Sociologia da Ciência, História da Ciência etc.) ao se referir ao empreendimento científico. Assim, os aspectos são os elementos, os tópicos, os diferentes pontos considerados por diferentes autores(as) ao definirem a natureza da ciência. Para exemplificar um aspecto de natureza da ciência, pode-se dizer que *a ciência é baseada em evidências* ou que *o conhecimento científico é passível de mudanças.*

Para facilitar a identificação desses aspectos, poderíamos usar os(as) vários(as) autores(as) da área que se debruçam sobre a temática *do que ensinar* sobre natureza da ciência, como apresentado mais adiante no *Suporte teórico* deste pilar. Dessa forma, a matriz não entra no debate de qual aspecto ensinar ou não, mas preocupa-se em identificar se a natureza da ciência está presente e se ela é apresentada de forma satisfatória, sem estereótipos, mitos ou reforçando imagens pouco informadas de como o conhecimento científico é construído.

Assim, parte-se de autores e autoras que têm contribuído de forma bastante frutífera para o debate sobre *o que* ensinar quando o tema é natureza da ciência e sugere-se que os constructos teóricos desses(as) autores(as) sejam levados em consideração, individual e conjuntamente, para identificar tais aspectos. Além das dimensões de credibilidade da ciência, organizadas e apresentadas para compor o modelo de Ciência Integral de Allchin (2011) (que é o referencial considerado no presente trabalho e, portanto, foi adotado também na análise das atividades analisadas na tese) (Quadro 2.2), reconhecemos que outros constructos também podem ser organizadores ao serem empregados para classificação deste pilar. Como referências, alguns dos aspectos de natureza da ciência que poderiam ser considerados compõem a *visão consensual* (Abd-El-Khalick, Bell, & Lederman, 1998; Lederman et al., 2002), o *features of science* (Matthews, 2012) ou o modelo de semelhança de família (Erduran & Dagher, 2014).

Complementarmente, para identificar se os aspectos de natureza da ciência são retratados sob uma perspectiva pouco informada, utilizamos, apenas como ponto de partida, a relação elaborada por Gil-Pérez e colaboradores (2001), que é

bastante difundida na literatura em português sobre o tema e que organiza, de forma pragmática, os principais problemas encontrados ao retratar a temática na educação básica (Quadro 2.5).

Ao longo das últimas décadas, tem aparecido na literatura o uso de diferentes termos para se referir às visões de ciência que não queremos reforçar no ensino, pois são estereotipadas e não refletem a verdadeira natureza do empreendimento científico. Por vezes, os trabalhos referem-se a elas como *visões ingênuas, visões deformadas, visões erradas, visões problemáticas* e *visões simplificadas.* Temos optado pelo uso de expressões como *visão pouco informada* (em contraposição a uma *visão bem informada*), pois entendemos que os outros termos podem carregar um juízo de valor que não desejamos reforçar. Por isso, para a elaboração da e análise com a MAPEA-NdC, estamos usando os mesmos termos que usamos em trabalhos anteriores (e.g. Azevedo & Scarpa, 2017b).

**Quadro 2.5.** Síntese dos principais problemas encontrados ao retratar a natureza da ciência na educação básica. Quadro síntese elaborado com base na análise bibliográfica apresentada em Gil-Pérez e colaboradores (2001).

| **Imagem afastada do conhecimento científico** | **Breve descrição apresentada no texto pelos autores** |
|---|---|
| *Concepção empírico-indutivista e ateórica* | Assume que há uma neutralidade do(a) cientista ao olhar para o mundo, desconsiderando a existência de teorias e ideias anteriores para a formulação de hipótese. |
| *Visão rígida* | Assume que há um método científico único, exato, algorítmico e infalível. Parte do princípio de que a criatividade e a dúvida não fazem parte da ciência e considera que a ciência é exata e infalível. |
| *Visão aproblemática e ahistórica* | Assume que o conhecimento científico é dogmático e fechado. Desconsidera o percurso histórico e os problemas envolvidos no empreendimento científico. |
| *Visão exclusivamente analítica* | Assume que os estudos científicos são simplificadores e que precisam ser divididos, em disciplinas, por exemplo. Está associada à falta de relação entre as diversas áreas do conhecimento. |
| *Visão acumulativa de crescimento linear* | Assume que o conhecimento científico se desenvolve linearmente, sem crises e reformulações. Deixa de lado o papel da mudança científica. |
| *Visão individualista e elitista* | Assume que a ciência é feita por gênios isolados, sem trabalho coletivo e colaborativo. Está associada à ideia de que o trabalho de um cientista (em geral, um homem) é suficiente para corroborar ou refutar hipóteses. |
| *Visão descontextualizada e socialmente neutra* | Assume que a ciência está isolada da sociedade e que cientistas estão socialmente alheios. Desconsidera as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. |

Os resultados da análise desse pilar foram organizados em **gráficos de frequência,** considerando, portanto, a presença de temas relacionados às dimensões de credibilidade da ciência. As frequências foram discutidas em termos da presença total nas atividades analisadas e separando as frequências conforme os três ciclos de aprendizagem do Currículo da Cidade.

Suporte teórico do pilar *Ensino sobre NdC*

Conforme apresentado no Capítulo 1, temos que uma parte substancial das publicações sobre ensino e aprendizagem de natureza da ciência está focada *no que ensinar* sobre a referida temática. A literatura traz modelos concorrentes e complementares, além de sucessivas tentativas de organizar e delimitar quais aspectos de natureza da ciência são imprescindíveis para compor currículos voltados para a alfabetização científica. Tal preocupação não é recente. O trabalho de Conant e colaboradores (1957) é tido para muitos autores (e.g. Duschl & Grandy, 2013; Bejarano, Adúriz-Bravo, & Bonfim, 2019) como um dos primeiros a advogar explicitamente pelo diálogo do ensino de ciências com a Filosofia e História da ciência. As pesquisas na área vão se somando e ajudam a pensar em modelos teóricos e práticos para expandir a percepção sobre o que conta como conhecimento sobre ciências (Pierson, Clarck, & Kelly, 2019). A discussão sobre essa temática baseia-se na ideia de que a natureza da ciência deve ser ensinada tendo como base consensos e princípios que filósofos e historiadores da ciência consideram chave para uma caracterização.

Dentre os constructos teóricos mais populares na literatura da área na atualidade estão a visão consensual, também chamada de *Lederman seven* ou *L-list* (Abd-El-Khalick, Bell, & Lederman, 1998; Lederman et al., 2002) por autores como Matthwes (2012); as características da ciência (features of science) (Matthews, 2012); o modelo de Ciência Integral (*whole science*) (Allchin, 2013, 2017) e o modelo de semelhança de família (*FRA*) (Erduran & Dagher, 2014). Esses constructos variam não apenas quanto à incorporação ou não de determinados aspectos, mas também na forma de organizá-los e defendê-los.

A variedade teórica na forma de conceber aspectos/características/elementos de natureza da ciência de interesse para o ensino revela a inexistência de uma visão homogênea na área. Essas formas não são apenas diferentes, mas também conflitantes entre si em muitos pontos. É forçoso notar, todavia, que todas elas estão bem fundamentadas e são igualmente criticadas com bons argumentos por todos os lados, revelando que essa pluralidade é por si só um reflexo da própria

natureza da ciência. Segundo Kötter e Hammann (2017), essa diversidade de posicionamentos não pode ser confundida como um relativismo ingênuo (supor que há uma equivalência nos argumentos e ideias), ela indica que esses posicionamentos "podem ser avaliados com base em padrões de disciplinas científico-reflexivas" (p.457).

A existência do presente pilar está embasada na ideia de que informações claras e específicas sobre aspectos (ou características) da natureza da ciência podem ser apresentadas e discutidas com estudantes, enriquecendo não apenas o conhecimento disciplinar (Galili, 2019), mas sobretudo contribuindo para que desenvolvam concepções sobre a ciência consideradas bem informadas. Em termos práticos, entende-se que apresentar, mesmo que de forma breve, características da natureza da ciência é uma parte importante da educação científica. Assim, apesar das possíveis discordâncias que rondam as múltiplas visões sobre o que ensinar sobre a natureza da ciência, partimos da premissa de que independentemente do referencial adotado, elementos que caracterizam a ciência devem fazer parte da educação científica. Este pilar foca na identificação. A partir disso, defendemos que os aspectos sejam ilustrados, contextualizados, discutidos, refinados, ampliados e sejam pontos de partida para reflexões mais amplas por parte dos(das) estudantes, não restringindo-se, portanto, à mera memorização, simplificação e/ou menção despropositada no meio de uma atividade. Essas dimensões, contudo, estão organizadas em outros pilares da MAPEA-NdC.

#### 2.2.3.2. Pilar II – *Ensino Contextualizado*

Neste pilar almeja-se acessar o nível de contextualização dos aspectos de natureza da ciência que está presente na atividade planejada. A rubrica avalia como os aspectos de natureza da ciência aparecem ao longo dos extremos ensino descontextualizado e ensino contextualizado. A contextualização em aulas de ciências ocorre com o uso e a incorporação de situações, problemas, eventos e exemplos que não ocorrem na situação escolar, mas que fazem parte do cotidiano da ciência. Essa incorporação tem o papel intencional de ajudar a conectar estudantes ao conteúdo, sendo de particular interesse didático para motivar e orientar a aprendizagem sobre a natureza da ciência (Quadro 2.3).

Há, porém, uma diferença entre o ensino *em contexto* e o ensino *com contexto*. Essa dicotomia, que reside em avaliar o contexto sob a perspectiva da experiência do(da) estudante, ajuda a separar, por exemplo, situações em que a

contextualização é feita com o auxílio de um texto (*com contexto*) de quando há a incorporação do ensino por investigação como promoção de um ambiente ou experiência cognitivamente imersivos (ensino *em contexto*) (Gilbert, 2006; Giamellaro, 2014). Assim, o ensino *com contexto* ocorre quando o contexto é fornecido e construído em torno de um conceito, mas sem que haja qualquer interação com a circunstância que está sendo apresentada aos(às) estudantes, sendo, portanto, limitado e frequentemente fragmentado, daí ser também chamado de contextualização secundária (Giamellaro, 2014). Já no ensino *em contexto* supõe-se que haverá uma interação genuína dos(das) estudantes com a conjuntura apresentada, sendo essa uma contextualização primária (Giamellaro, 2014).

Evidências de um ensino *em contexto* podem incluir a incorporação de metodologias[3] como o ensino de ciências por investigação (e.g. Chiapetta & Adams, 2004, Yacoubian & BouJaoude, 2010) e o ensino baseado em projetos (e.g. Krajcik, Czerniak, & Berger, 2002); bem como o uso de estratégias didáticas como narrativas históricas investigativas (e.g. Allchin, 2011, 2013; Azevedo & Corso, 2017), uso de questões sociocientíficas (e.g. Herman, 2018), promoção de conversas com cientistas (e.g. Karacam, Bilir, & Danisman, 2021) e realização de estágios e trabalhos de campo.

Como exemplos mais tradicionalmente associados ao ensino *com contexto,* a literatura destaca a abordagem CTS (e.g. Eastwood et al., 2012) e o uso de estratégias didáticas como casos históricos (reconstruídos ou fictícios) (Niaz, 2009), filmes, animações ou quadrinhos (e.g. Piliouras, Siakas, & Seroglou, 2011), a promoção de conversas com cientistas (e.g. Karacam, Bilir, & Danisman, 2021) e a incorporação de outras estratégias (como mapas conceituais, jogos, modelagem, júri simulado, debates, etc.) que ajudem a explorar, de forma menos abstrata e mais autêntica, as relações entre os aspectos de natureza da ciência que se deseja ensinar e os objetos de conhecimento ou conteúdos das atividades. No caso da abordagem CTS, entretanto, pela amplitude dos princípios em que está ancorada (Aikenhead, 1994; Santos & Mortimer, 2002) e a depender das estratégias escolhidas, ela pode estar associada ao ensino *em contexto*. Um exemplo seria o caso de usar questões sociocientíficas como estratégia dentro da abordagem CTS.

[3]Estamos partindo do trabalho de revisão de Alves e Bego (2020) para caracterização dos elementos constituintes do planejamento de ensino. Segundo a síntese proposta, metodologia representa o elemento mais abrangente do planejamento e é entendida como "toda teoria sobre o processo de ensino e aprendizagem. Está relacionada com as concepções psicológicas e pedagógicas de fundo sobre aprendizagem, a natureza da ciência, a função da educação escolar e os papéis do professor e dos alunos em aula" (p.89). O trabalho também trouxe como síntese o conceito de estratégia considerado sinônimo de técnica e entendido como "conjunto de ações intencionadas e planejadas do professor para a consecução dos objetivos de aprendizagem propostos" (p.89).

Em síntese, uma situação de ensino *em contexto*, de *contextualização primária*, os(as) estudantes estão engajados em práticas. Nesse sentido, a contextualização que ocorre ao se envolver em uma investigação (por experimentos, pelo ensino por investigação é diferente de imaginar um experimento ou usar informações de um episódio histórico que oferecem uma *contextualização secundária*, de ensino *com contexto*.

Ao ser considerada contextualizada, espera-se que a atividade apresente forte relação entre conteúdos de ciências, incluindo os relacionados à natureza da ciência (Clough, 2006). Assim, os aspectos de natureza da ciência estão integrados a um contexto científico escolhido e preparado para ser explorado didaticamente. Uma abordagem de ensino pautada na contextualização também busca chamar atenção de estudantes para que estabeleçam relações, organizem e interpretem conhecimentos e envolvam-se com ideias científicas a partir de múltiplas perspectivas. Contextualizar pressupõe entendimento e interação com o contexto utilizado por parte dos(das) estudantes, sendo, portanto, um processo centrado no estudante (Rivet & Krajcik, 2008).

Uma atividade descontextualizada ocorre, por sua vez, quando a natureza da ciência é abordada como um tópico, fora de uma situação que a conecte a um contexto de produção de conhecimento científico. A descontextualização é caracterizada por um ambiente marcadamente escolástico, sem diálogo com as práticas da ciência real (Rivet & Krajcik, 2008). Isso pode aparecer, por exemplo, quando há uma menção a determinado aspecto sobre a natureza da ciência de forma descritiva, adjetivada, tangencial, sem autenticidade. Dessa forma, mesmo que a natureza da ciência seja o foco instrucional de uma atividade, incorporando discussões e tarefas específicas diversas, ela é explorada sem conexão com habilidades e processos da ciência.

Independentemente da abordagem ou estratégia adotadas, a contextualização tem o papel de estabelecer relações entre o que se deseja ensinar (p. ex. objetos de conhecimento, conteúdos) e um ambiente que seja considerado mais autêntico. A contextualização pode ocorrer em diferentes níveis e pela interação com atores, cenários e ambientes físicos que contribuam para o estabelecimento de relações de conteúdos e o fazer e pensar científicos. Tal ambiente pode ser um pano de fundo sociocultural que compõem uma narrativa ou mesmo material (em uma atividade investigativa, por exemplo), desde que tenha como objetivo ajudar a(o) estudante a participar de práticas que contribuam para o aprendizado sobre natureza da ciência. A ideia é que ao promover um ambiente

autêntico, o conteúdo possa ser aplicado e ilustrado, contribuindo para aproximar dos(as) estudantes, de forma mais genuína e orgânica, as características da natureza da ciência.

A concepção de conteúdo dentro da MAPEA-NdC está sendo considerada de forma ampla, incorporando os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais (Zabala, 1998). Assim, no contexto da matriz, as habilidades cujo desenvolvimento está contemplado no planejamento das atividades são consideradas também como um tipo de conteúdo.

Suporte teórico do pilar *Ensino Contextualizado*

A operacionalização nos níveis apresentados na matriz foi baseada majoritariamente nos trabalhos de Clough (2006), Giamellaro (2014), Bell et al. (2016), que também procuraram caracterizar atividades com diferentes níveis de contextualização. Esses e outros autores consideram que a contextualização envolve vários aspectos da experiência de aprendizagem do(da) estudante, indo além dos resultados do currículo planejado. Contextualizar implica em conceber atividades que permitam estabelecer relações entre conhecimentos relacionados a um conteúdo trabalhado em aula e um ambiente autêntico no qual esses conhecimentos possam ser retomados (Giamellaro, 2014).

O pilar está sustentado na ideia de que as decisões de ensino e de aprendizagem que permitem desenvolver concepções mais bem informadas, mais robustas sobre a natureza da ciência são aquelas cujo planejamento considera a contextualização de aspectos sobre a produção do conhecimento científico que se deseja trabalhar. Parte-se da premissa de que a aprendizagem está atrelada ao contexto em que ela ocorre. Trabalhar conceitos relacionados à natureza da ciência apenas de forma distante, hipotética, imaginária, sem engajamento intelectual, tende a dificultar a compreensão do tema pelos(pelas) estudantes. Um ensino contextualizado contribui para que ideias científicas e sobre a ciência sejam relacionadas a múltiplos contextos e situações significativas na vida de estudantes. Contextualizar ajuda a tornar os aspectos de natureza da ciência mais acessíveis aos estudantes (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002; Bell, Mulvey, & Maeng, 2016).

A participação em contextos autênticos, realizando práticas mais simples de investigação, questionando casos históricos ou realizando observações, por exemplo, podem fomentar reflexões basilares sobre a natureza da ciência e por isso a contextualização é fundamental. Não há reflexão sem contexto. Reside aqui a ideia de que para compreender um conceito é fundamental que ele seja explorado de

forma autêntica e seja construído continuamente (Orgill, 2007). Segundo a perspectiva da aprendizagem situada, o conhecimento é construído contextualmente e preferencialmente em um processo contínuo de participação em uma comunidade de prática (Lave & Wenger, 1991). Assim, mesmo que os diferentes aspectos de natureza da ciência sejam considerados no planejamento de atividades, entende-se que eles só serão compreendidos e ricamente discutidos quando forem contextualizados (Tala & Vesterinen, 2015).

A abordagem do ensino de ciências por investigação é um dos exemplos marcantes da literatura quando o tema é contextualização. Isso porque por meio da investigação científica[4] é possível partir de um contexto viável para discussão e reflexão que possibilitam discutir vários aspectos relacionados à natureza da ciência. A riqueza da abordagem está relacionada à ideia de cognição situada, que atrela o conhecimento à atividade ou situação em que ele é construído (Schwartz, Lederman, & Crawford, 2004). Defesa semelhante é trazida quanto ao ensino baseado em projetos, que busca mobilizar conhecimentos e experiências anteriores para ajudar na construção de novos entendimentos ao longo da resolução de um problema e desenvolvimento de um projeto. Nessas abordagens, a contextualização ocorre ao trazer problemas cotidianos que podem ser significativos para os(as) estudantes (Rivet & Krajcik, 2008), permitindo inclusive desencadeamentos sobre como o conhecimento científico é produzido[5]. Nessas abordagens, a instrução é contrastante com uma abordagem centrada na apresentação e reconhecimento de conceitos pelo(a) professor(a), pois por meio de um contexto os(as) estudantes partem de uma estrutura cognitiva com mais ferramentas para ancorar novos conhecimentos e construir sentidos para ideias complexas como a natureza da ciência.

A abordagem CTS e o uso de questões sócio científicas são tidos como bons contextos para trabalhar aspectos sobre a natureza da ciência porque fornecem exemplos de aspectos, ajudam a destacar dados e evidências conflitantes e requerem discussões fundamentadas para as diferentes perspectivas que precisam ser

---

[4]A ideia de ensino por investigação é considerada aqui sem diferenciar seus níveis de abertura (ver Banchi & Bell, 2008), pois essa discussão raramente é explorada em trabalhos sobre natureza da ciência, ainda que a consideremos fundamental quando o tema é aprender sobre ciências e seus processos de produção.

[5]Para a conceptualização de ensino de ciências baseado em projetos que sustenta o papel da contextualização para a aprendizagem sobre a ciência partiu-se do trabalho de Rivet e Krajcik (2004), que considera que (i) o projeto parte de uma pergunta que o contextualiza, (ii) estudantes compartilham um evento ou experiência que irá ancorar o projeto, (iii) as atividades desenvolvidas ao longo do projeto estão relacionadas com a pergunta e com o contexto, (iv) estudantes desenvolvem diferentes atividades ao longo de um projeto e (v) o projeto é encerrado de forma marcante. Assume-se, ainda, que a contextualização parte de situações do mundo real e que são significativas de alguma forma para os(as) estudantes, pois assim será possível engajarem-se em um projeto por longos períodos.

interpretadas. Esse cenário costuma ser rico para explorar questões metodológicas, contextuais e cognitivas que estão superpostos na produção do conhecimento científico.

#### 2.2.3.3. Pilar III – *Ensino Explícito*

A instrução explícita sobre a natureza da ciência ocorre dentro de um contexto, o qual é didaticamente planejado e fornecido aos(às) estudantes via uso de história da ciência, uso de questões sócio científicas, engajamento em atividades investigativas, etc. (ver o pilar do *Ensino Contextualizado*). Com este pilar procura-se por evidências de que há uma integração didática intencional do ensino sobre a natureza da ciência a outros conteúdos (p. ex. conceituais) que se pretende trabalhar (Quadro 2.3).

A literatura específica aponta como implícito o ensino que enfatiza o fazer ciência, pressupondo que participar de investigações científicas basta para compreender como a ciência funciona. No ensino implícito assume-se que o contexto é necessário e suficiente para aprender sobre as ciências (Schwartz, Lederman, & Crawford, 2004). Esse ensino não chama atenção para aspectos de natureza da ciência, embora admita que ao envolver-se em uma atividade investigativa os(as) estudantes possam desenvolver visões bem informadas sobre a produção do conhecimento científico.

Em contrapartida, na abordagem explícita entende-se que o contexto por si só é insuficiente, sendo, portanto, necessárias atividades que fomentem alguma ação discente frente ao que foi feito e o que se pretende aprender sobre a natureza da ciência. No ensino explícito, assume-se que há uma intencionalidade ao abordar temas relacionados à produção do conhecimento científico e que se busca chamar atenção de estudantes para tais temas (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002). Há, portanto, um componente instrucional adicional com a finalidade de destacar componentes específicos da natureza da ciência. Isso ocorre, por exemplo, via proposição de discussões, reflexões (a forma dessa reflexão é mais bem explorada no pilar *Ensino Reflexivo*) e questionamentos específicos e que dialogam com o contexto das atividades propostas, sejam elas atividades investigativas, exemplos históricos, uso de modelagens, etc. Busca-se envolver os(as) estudantes na construção de um discurso ativo sobre como a ciência funciona. Por meio do ensino explícito, parte-se do contexto didático planejado para interpretar e discutir os

diferentes aspectos de natureza da ciência que norteiam uma tarefa ou atividade didática.

No ensino explícito não fica a cargo exclusivo dos(das) estudantes compreenderem sozinhos como a ciência funciona com base em alguma atividade didática. Assim, o ensino explícito supõe um planejamento, pois a aprendizagem sobre a natureza da ciência não poderia ser um subproduto ou "um efeito colateral ou secundário" (Akindehin, 1988, p.73). Uma atividade explícita precisa incorporar oportunidades para enfocar práticas frente ao contexto mais amplo no qual a ciência está inserida. Tais oportunidades podem aparecer em diferentes momentos de uma atividade, podendo os aspectos de natureza da ciência serem discutidos antes, durante ou depois de uma atividade investigativa, por exemplo.

Evidências de um ensino explícito podem incluir a discussão aberta, leituras selecionadas, falas docentes endereçadas por atividades planejadas e outras ações em que sejam fornecidas oportunidades para os(as) estudantes discutirem a respeito de seus entendimentos sobre a natureza da ciência. Busca-se com isso articular certos aspectos de natureza da ciência estão relacionados com as práticas realizadas no contexto didático. Por exemplo, ao criarem um modelo celular em sala, um material escrito pode conter questões reflexivas e informações para que o(a) professor(a) evidencie para a turma como os modelos podem ser uteis para organização e comunicação de certos conhecimentos, embora não representem uma cópia da realidade (Bell, Matkins, & Gansneder, 2010).

Suporte teórico do pilar *Ensino Explícito*

As pesquisas têm apontado que dentre as abordagens propícias de êxito na aprendizagem de estudantes está o ensino explícito, sendo o ensino implícito pouco ou nada eficaz na aprendizagem sobre a natureza da ciência. Trabalhos anteriores (e.g. Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Schwartz, Lederman, & Crawford, 2004) indicaram o papel central de professores para trazer à atenção de estudantes aspectos relevantes sobre a natureza da ciência no contexto de atividades escolares. Sabe-se que sem alertar os(as) estudantes sobre o que é preciso prestarem atenção, a visão que possuem sobre a natureza da ciência tende a permanecer inalterada, mesmo após realizarem atividades de investigação (Bell et al., 2003). O ensino implícito assume que engajar-se em práticas leva à compreensão espontânea de como funcionam as ciências.

O ensino explícito é aqui entendido como aquele que é estruturado para evitar traços de imprecisão que possam impactar na aprendizagem (Rosenshine,

2008). Além de deixar claro para os(as) estudantes os objetivos e as intencionalidades das atividades, busca-se favorecer, também de forma aberta, clara, declarada, explícita, os conhecimentos prévios dos estudantes e os raciocínios necessários para o cumprimento de uma tarefa. Os pressupostos teóricos que embasam essa ideia residem na área da cognição[6] e consideram que o(a) educador(a) está em contínuo diálogo com estudantes (Sweller, Kirschner, & Clark, 2006). Por explícito almeja-se destacar a ideia de que a compreensão sobre a natureza da ciência depende de processos cognitivos, orientados por uma instrução intencional, direcionada e planejada, como ocorre com conteúdos científicos conceituais igualmente complexos e abstratos, como energia e homeostase.

Trabalhar explicitamente aspectos sobre a natureza da ciência, a fim de ajudar estudantes a reconhecerem "como a ciência pensa" é um princípio que tem o construtivismo como estrutura teórica (Williams & Rudge, 2019). A ideia de um ensino explícito pode considerar que as habilidades mobilizadas na realização de uma investigação científica contribuem para discutir *como* se faz ciência, para então partir para uma discussão sobre o *porquê* de fazer ciência (Gess-Newsome, 2002).

Por sua essência, o ensino explícito sobre a natureza da ciência pressupõe uma intencionalidade. Tal fato pode refletir-se no planejamento das atividades, pois objetivos, expectativas de aprendizagem, ideias, levantamentos de conhecimentos prévios, etapas de atividades e demais ações didáticas são organizadas para serem explícitas (Archer & Hugues, 2011). Ao explicitar, chamar atenção para determinados aspectos da atividade e das ciências, almeja-se ampliar os conhecimentos das(dos) estudantes acerca das formas de produção do conhecimento científico. Busca-se reduzir o distanciamento entre práticas de cientistas, práticas da ciência e as práticas escolares. Assim, o ensino explícito pode contribuir para a aprendizagem sobre a ciência porque há um planejamento orientado por objetivos; uma atenção pedagógica e instrucional e uma avaliação (Schwartz, Lederman, & Crawford, 2004), todos dialogando de algum modo entre si.

#### 2.2.3.4. Pilar IV – *Ensino Reflexivo*

A reflexão é a forma de estabelecer a relação entre o contexto didático e os aspectos de natureza da ciência que se pretende explorar em uma atividade. Fornecer oportunidades para reflexão de estudantes envolve, por exemplo,

[6]Para Clark, Nguyen e Sweller (2006) o ensino explícito é fundamental na estruturação da aprendizagem. Ele está associado à teoria da carga cognitiva e, por meio dele, parte-se de temas simples para mais complexos, possibilitando que estudantes aumentem suas chances de compreender padrões para depois automatizá-los, interiorizá-los.

disponibilizar comandas (por escrito ou oralmente) cuja formulação das respostas tenha como foco facilitar o estabelecimento de conexões entre aspectos de natureza da ciência e as atividades propostas. Para que a reflexão ocorra, as perguntas ou comandas podem gerar discussões e trazer mais exemplos e comparações para tornar explícitos aspectos de natureza da ciência que compõem uma investigação, experiência, atividade prática ou outra atividade pedagógica. Assim, o pilar de ensino reflexivo é o último a ser analisado, pois pressupõem que o ensino contextualizado e explícito estão presentes de alguma forma na atividade (Quadro 2.3).

Nesse contexto, a matriz foi organizada para identificar se o material oferece aos(às) estudantes oportunidades de analisarem as atividades em que estão engajados sob diferentes perspectivas (práticas científicas e epistemologia da ciência, por exemplo), possibilitando estabelecer conexões entre o que foi realizado individualmente e/ou em grupo e traçar generalizações sobre a natureza do conhecimento científico. Busca-se assim, identificar se há um ou mais pontos para que os(as) estudantes possam refletir e tomar conhecimento sobre seus próprios entendimentos, sobre os entendimentos de colegas e sobre aspectos de natureza da ciência que dialogam com o que é realizado em aula.

O uso de portfólios, diários e textos reflexivos, seminários, criação de revistas e *posts*, criação de vídeos, elaboração de mapas conceituais, debates, rodas de conversas, entre outros, são exemplos de estratégias que podem proporcionar oportunidades para uma reflexão ativa. Por reflexão guiada e ativa, estamos considerando aquela que é intencional e explícita (Schwartz, Lederman, & Crawford, 2004). Assim, após uma intervenção didática, pode-se solicitar que os(as) estudantes resumam suas experiências, pensem sobre seu aprendizado e sobre suas concepções, comentem questões familiares e não resolvidas, comparem suas ideias sobre ciência com as dos colegas ou sugiram possibilidades de investigação (Rudge & Howe, 2009). As reflexões podem ser feitas individual ou coletivamente, mas precisam encorajar o esclarecimento e o estabelecimento de relações com aspectos de natureza da ciência.

A promoção de momentos de reflexão e interação entre estudantes pode ajudar a apoiar esforços para enfrentar conflitos conceituais e modificar concepções preexistentes sobre a natureza do conhecimento científico (Bell, Mulvey, & Maeng, 2016). A auto comparação realizada na forma de reflexão e entre concepções de aspectos de natureza da ciência antes e depois de uma intervenção pedagógica, bem como a reflexão crítica sobre as concepções de colegas, o uso de exemplos e contra

exemplos usados para contrastar concepções são possibilidades de engajamento intelectual para a construção de concepções bem informadas sobre a natureza da ciência e do conhecimento científico em si.

A reflexão a que nos referimos é aquela que envolve pensar como as experiências didáticas representam a natureza da ciência, fomentada por perguntas e atividades bem delimitadas que ajudem a construir pensamento crítico e o estabelecimento de conexões com aspectos de natureza da ciência. O movimento crítico e reflexivo de concepções anteriores e novas e das práticas em que os(as) estudantes estão engajados versa com a ideia de que um saber sobre a natureza da ciência tem a avaliação de argumentos também como alicerce, pois a aprendizagem sobre ciência passa pela análise interpretativa, de prós e contras, e não necessariamente de uma epistemologia correta ou resposta definitiva (Kötter & Hammann, 2017).

A ideia de ensino reflexivo de natureza da ciência é perpassada na literatura por ruídos de diferentes tipos de reflexão, sem uma clara distinção ou caracterização sobre a essência delas. Para os fins da MAPEA-NdC – de fornecer um mapeamento geral de atividades – estamos considerando conjuntamente ideias cognitivas que abarcam tanto reflexões sobre a própria aprendizagem de natureza da ciência (reflexão metacognitiva) e reflexões sobre a ciência em si (reflexão metacientífica).

Suporte teórico do pilar *Ensino Reflexivo*

A aprendizagem sobre a natureza da ciência é mais efetiva quando há um engajamento cognitivo ativo impulsionado pela reflexão dos(das) estudantes sobre seus posicionamentos e sobre as mudanças desencadeadas por intervenções didáticas (Smith & Scharmann, 2008). Por ser uma ação metacognitiva, a reflexão pode ajudar a informar os(as) estudantes e os(as) professores(as) sobre o desenvolvimento da compreensão sobre as ciências. Uma abordagem reflexiva volta-se para a tomada de consciência de estudantes sobre determinados aspectos de natureza da ciência a partir das atividades nas quais estão engajados e considerado uma estrutura teórica para compreensão desses aspectos.

A literatura aponta que estudantes podem mudar a profundidade do entendimento que possuem sobre a natureza da ciência quando há oportunidades de reflexões guiadas e de compartilhamento dessas reflexões (Schwartz, Lederman, & Crawford, 2004). Trabalhos que incluem a reflexão como elemento preponderante para aprendizagem sobre natureza da ciência consideram que o esforço de construir, definir e refinar os próprios conhecimentos sobre ciência ajudam a aprofundar e a

fortalecer o significado que os(as) estudantes possuem sobre a produção do conhecimento científico. Considera-se que atividades reflexivas podem ser um itinerário seguro para que estudantes experimentem e expandam novos conhecimentos sobre a natureza do conhecimento científico e avaliem como essas ideias dialogam com suas concepções e ecologias cognitivas, pessoais e culturais (Smith & Scharmann, 2008).

A aprendizagem sobre a natureza da ciência é por si só um esforço reflexivo que, em certa medida, pode ser considerada análoga ao empenho realizado por historiadores, filósofos e sociólogos para compreender como a ciência funciona (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000). Assim, tendo como base tal reflexão, o ensino sobre a natureza da ciência tem mais chances de gerar bons resultados quando se parte dos princípios da mudança conceitual: identificando concepções comuns e pouco informadas de estudantes, abordando diretamente tais concepções e posteriormente confrontando situações de entendimento inadequado para explorar pontos de vista e exigir justificações (Hewson et al., 1998). A comparação entre ciência com outras formas de saber e a criação de critérios pelos estudantes para avaliar o status científico de uma declaração são outros exemplos considerados por alguns autores (e.g. Smith & Scharmann, 2008) como um esforço reflexivo fundamental para a aprendizagem sobre a natureza da ciência.

O sentido de refletir e até filosofar sobre a ciência e sobre as práticas científicas realizadas em aulas está embasado no princípio de que habilidades reflexivas e de pensamento crítico contribuem para assimilar questões sociais que dialogam com o escopo da ciência (Dittmer, 2010; Allchin, 2011; Yacoubian, 2015). Assim, ao falar da aprendizagem sobre a natureza da ciência, a reflexão e o pensamento crítico são colocados como foco de um processo orientado para esse fim. Em última medida, almeja-se que os(as) estudantes saibam pensar criticamente sobre a natureza da ciência para que possam decidir como enxergam a ciência; a partir desse movimento eles poderiam utilizar seus entendimentos construídos para aí então tomarem decisões sobre questões sociocientificas (Yacoubian, 2015; Kötter & Hammann, 2017).

**Quadro 2.3.** Pilares da MAPEA-NdC.

| **Pilar I - ENSINO SOBRE NATUREZA DA CIÊNCIA** | | |
|---|---|---|
| Não há evidências de que aparecem aspectos de NdC na atividade. | Há evidências de que aspectos de NdC aparecem de forma pouco informada na atividade. | Há evidências de que aspectos de NdC aparecem de forma bem informada na atividade. |
| Atividade não explora a NdC | Atividade explora parcialmente a NdC | Atividade explora a NdC |
| **0** | **1** | **2** |
| As instruções presentes no material para o(a) professor(a) sobre a atividade **não indicam** (p. ex. nos objetivos de aprendizagem, na descrição de tarefas, no enunciado e comentários de comandas, etc.) a presença de aspectos de NdC. | As instruções presentes no material para o(a) professor(a) sobre a atividade **indicam** um ou mais aspectos de NdC (p. ex. nos objetivos de aprendizagem, na descrição de tarefas, no enunciado e comentários de comandas, etc.), **porém,** um ou mais são apresentados de forma pouca informada, ou simplificada, ou errada, ou problemática[1]. | As instruções presentes no material para o(a) professor(a) sobre a atividade **indicam** um ou mais aspectos de NdC (p. ex. nos objetivos de aprendizagem, na descrição de tarefas, no enunciado e comentários de comandas, etc.)[2].<br>**e**<br>**Todos** os aspectos de NdC são apresentados de forma bem informada. |

[1] A relação de Gil-Pérez et al. (2001) contribui para essa identificação (Quadro 2.5).

[2] As dimensões de credibilidade da ciência de Allchin (2013) (Quadro 2.2) foram adotadas na análise desta tese, mas os aspectos elencados e organizados por Lederman et al. (2002), Matthews (2012) e a reconceitualização do modelo de semelhança de família de Erduran e Dagher (2014), dentre outros grupos de autores, também podem contribuir para a identificação da presença da NdC em materiais didáticos.

(continuação) **Quadro 2.3.** Pilares da MAPEA-NdC.

| **Pilar II - ENSINO CONTEXTUALIZADO** | | | |
|---|---|---|---|
| Não há evidências de que a atividade seja contextualizada. | Há alguma evidência de que a atividade seja contextualizada. | Há forte evidência de que a atividade seja contextualizada. | Há evidência incontestável de que a atividade seja contextualizada. |
| Atividade descontextualizada | Atividade minimamente contextualizada | Atividade moderadamente contextualizada | Atividade altamente contextualizada |
| **0** | **1** | **2** | **3** |
| **Não há** relações entre os conteúdos e os aspectos sobre NdC que se deseja trabalhar. Os aspectos sobre NdC aparecem de forma ilustrativa, seja para explorar a própria NdC, seja para trabalhar conceitos científicos. | A atividade apresenta majoritariamente características de *contextualização secundária*.<br>**E**<br>A atividade **não** procura fornecer condições para que os conteúdos que se deseja desenvolver estejam conectados aos aspectos de NdC. A NdC aparece de forma isolada ou tangencial aos demais conteúdos.<br>**OU**<br>A atividade até pode apresentar declarações formais com aspectos sobre NdC em alguns pontos, mas praticamente **não fornece condições** para que os conteúdos que a serem desenvolvidos estejam conectados a esses aspectos. | A atividade apresenta majoritariamente características de *contextualização secundária*.<br>**E**<br>A atividade procura fornecer condições para que os conteúdos que se deseja desenvolver estejam conectados aos aspectos de NdC.<br>**OU**<br>Os aspectos sobre a NdC estão substancialmente entrelaçados a outros conteúdos, mas ainda há algumas **lacunas** que podem comprometer a compreensão dos aspectos sobre NdC que se deseja explorar na atividade. | A atividade apresenta majoritariamente características de *contextualização primária*.<br><br>A atividade traz um forte **entrelaçamento** entre os conteúdos que se deseja desenvolver e os aspectos de NdC. Há uma **integração** entre conteúdos de ciências, ações dos(das) estudantes e o trabalho didático para explorar aspectos sobre NdC.<br>**OU**<br>A abordagem adotada na atividade (p. ex. ensino por investigação, aprendizagem baseada em projetos, abordagem CTS) permite incorporar práticas discursivas da ciência (argumentos, modelos e representações, críticas, comunicação) **E** explorar outros aspectos sobre NdC. |

(continuação) **Quadro 2.3.** Pilares da MAPEA-NdC.

| **Pilar III - ENSINO EXPLÍCITO** | | | |
|---|---|---|---|
| Não há evidências de que a atividade possa promover um ensino explícito da NdC. | Há alguma evidência de que a atividade possa promover um ensino explícito da NdC. | Há forte evidência de que a atividade possa promover um ensino explícito da NdC. | Há evidência incontestável de que a atividade possa promover um ensino explícito da NdC. |
| Atividade implícita | Atividade minimamente explícita | Atividade moderadamente explícita | Atividade altamente explícita |
| **0** | **1** | **2** | **3** |
| As instruções/informações presentes no material para o(a) professor(a) **não indicam** um ensino explícito.<br><br>Os(as) estudantes até podem se engajar em algum contexto científico[1], mas a NdC **não** aparece descrita para ser explorada com a turma. A atividade é considerada **implícita**, pois não há evidências de que o material possa ajudar a eliminar imprecisões ou trazer à tona aspectos implícitos sobre a NdC. A NdC **não é** apresentada explicitamente aos estudantes. | As instruções/informações presentes no material para o(a) professor(a) **até indicam** possibilidade de ensino explícito.<br><br>Os(as) estudantes até podem se engajar em algum contexto científico[1] **E** algum aspecto de NdC aparece no planejamento **descrito** da atividade...<br><br>...**mas** a NdC aparece isolada de outros conteúdos da atividade e não é trabalhada. **Não há** integração entre os aspectos de NdC que se pretende trabalhar e os demais conteúdos. | As instruções/informações presentes no material para o(a) professor(a) **indicam** um ensino explícito.<br><br>Os(as) estudantes até podem se engajar em algum contexto científico[1] **E** questões relacionadas à NdC aparecem no planejamento **descrito** da atividade...<br><br>**...mas** é o(a) professor(a)[2] que estabelece (por texto, tarefa, fala, etc.) quais aspectos de NdC estão presentes. **Não há** evidências de que a atividade possa fomentar o engajamento intelectual de estudantes quanto aos aspectos de NdC.<br>**OU**<br>Os aspectos de NdC que se deseja ensinar estão fragmentados de alguma forma para facilitar sua compreensão. | As instruções/informações presentes no material para o(a) professor(a) **indicam** um ensino explícito.<br><br>Os(as) estudantes engajam-se em algum contexto científico[1] **E** questões relacionadas à NdC aparecem no planejamento **descrito** da atividade **E** estudantes são ajudados(as) e encorajados(as)[3] a visualizar/identificar como aspectos de NdC aparecem na atividade ou estão articulados entre si. A NdC é apresentada e trabalhada/ explorada **conjuntamente** com os(as) estudantes. |

[1] Consultar *Pilar II - Ensino Contextualizado.*

[2] Não há instruções detalhadas sobre como o(a) professor(a) pode estabelecer relações entre aspectos de NdC e o contexto da atividade.

[3] Há informações sobre como ajudar estudantes a reconhecerem as formas de fazer e pensar da ciência.

(continuação) **Quadro 2.3.** Pilares da MAPEA-NdC.

| **Pilar IV - ENSINO REFLEXIVO** | | |
|---|---|---|
| Não há evidências de que a atividade possa promover reflexão sobre a NdC. | Há fracas evidências de que a atividade pode contribuir para reflexão sobre a NdC. | Há evidências consideráveis de que a atividade pode contribuir para a reflexão sobre a NdC. |
| Atividade não reflexiva | Atividade minimamente reflexiva | Atividade reflexiva |
| **0** | **1** | **2** |
| As instruções/informações presentes no material para o(a) professor(a) **não** indicam oportunidades de reflexão para o(a)s estudantes **sobre** aspectos de NdC e o que é proposto e/ou será desenvolvido/ executado/ investigado na atividade. | As instruções/informações presentes no material para o(a) professor(a) **indicam pelo menos uma** oportunidade de reflexão sobre aspectos de NdC e o que é proposto e/ou será desenvolvido/executado/investigado na atividade.<br><br>O material **não fornece sugestões** de como as reflexões podem ser encaminhadas (p.ex. elaboração de portfólios, diários reflexivos e mapas conceituais, preparação de seminários) e/ou endereçadas com a turma (p.ex. discussão coletiva das reflexões individuais).<br><br>**OU**<br>**Não há** informações sobre como auxiliar os(as) estudantes a refletirem sobre seus posicionamentos quanto à NdC **ou** sobre como podem conectar práticas das atividades em que estão engajados com as atividades de cientistas **ou** para traçar generalizações sobre a NdC. | As instruções/informações presentes no material para o(a) professor(a) **indicam pelo menos uma** oportunidade de reflexão sobre aspectos de NdC e o que é proposto e/ou será desenvolvido/executado/investigado na atividade.<br><br>O material **fornece sugestões** de como as reflexões podem ser encaminhadas (p.ex. elaboração de portfólios, diários reflexivos e mapas conceituais, preparação de seminários) e/ou endereçadas com a turma (p.ex. discussão coletiva das reflexões individuais).<br><br>**OU**<br>**Há** informações sobre como auxiliar os(as) estudantes a refletirem sobre seus posicionamentos quanto à NdC **ou** sobre como podem conectar práticas das atividades em que estão engajados com as atividades de cientistas **ou** para traçar generalizações sobre a NdC. |

# CAPÍTULO 3
## Currículos prescritos e ensino sobre a natureza da ciência

O presente capítulo traz os resultados e as discussões que contribuem para responder à **primeira pergunta** desta tese: *Os documentos curriculares prescritivos de referência adotados pela rede municipal de São Paulo a partir de 2018 oferecem oportunidades para que estudantes possam interpretar a confiabilidade das afirmações científicas para a tomada de decisão?* Para tanto, serão apresentadas evidências que ajudam a responder a cada uma das subperguntas decorrentes dessa pergunta principal (apresentadas no Capítulo 2).

A primeira camada da análise compreendeu olhar para a presença de temas que podem oportunizar explorar as dimensões de credibilidade da ciência no contexto das aulas de ciências. Foi adotada como referencial teórico para essa análise a perspectiva da Ciência Integral (*Whole Science*), proposta por Allchin (2011), segundo a qual uma avaliação *bem informada* por parte de estudantes (conforme as palavras do próprio autor) demanda ação interpretativa de informações sobre a natureza da ciência. Essa avaliação requer ponderar o caráter multifacetado da produção científica, cuja confiabilidade passa por dimensões (Quadro 2.2) que dizem respeito às práticas e às interações da ciência com o meio em que está inserida.

A primeira dimensão do currículo analisada (currículo prescrito nacional), a Base Nacional Comum Curricular de Ciências Naturais do Ensino Fundamental, identifica 111 habilidades a serem desenvolvidas ao longo dessa etapa, agrupadas em oito competências específicas para serem desenvolvidas ao longo do Ensino Fundamental. A análise da presença de temas relacionados às dimensões de credibilidade da ciência nessas habilidades indica que *Observação e raciocínio*, *Métodos de investigação* e *História e criatividade* são, respectivamente, as mais frequentes (Figura 3.1). Foi possível verificar que nessas três dimensões de credibilidade há um aumento gradativo da presença delas, conforme o ciclo de aprendizagem e, por consequência, o ano escolar. Tal dado sugere que é possível haver uma ampliação na presença de oportunidades de ensino para explorar essas dimensões de credibilidade da ciência, possivelmente fruto da progressão etária e, por conseguinte, do aumento da complexidade dos conteúdos de ciências presentes no currículo prescrito.

Temas relacionados à dimensão de credibilidade da ciência *Observação e raciocínio* foram observados em habilidades de todos os ciclos de aprendizagem,

sendo essa a melhor dimensão representada, em número absoluto, na Base de Ciências Naturais do Ensino Fundamental. Os trechos a seguir exemplificam três dessas ocorrências, sendo cada uma delas relativa, respectivamente, a um dos ciclos de aprendizagem (Alfabetização, Interdisciplinar e Autoral):

> *Comparar características de diferentes materiais presentes em objetos de uso cotidiano, discutindo sua origem, os modos como são descartados e como podem ser usados de forma mais consciente.* (MEC, 2017, p.333, grifo nosso).

> *Identificar misturas na vida diária, com base em suas propriedades físicas observáveis, reconhecendo sua composição.* (MEC, 2017, p.339, grifo nosso).

> *Interpretar fenômenos naturais (como vulcões, terremotos e tsunamis) e justificar a rara ocorrência desses fenômenos no Brasil, com base no modelo das placas tectônicas.* (MEC, 2017, p.347, grifo nosso).

Por outro lado, temas relacionados às dimensões *Contexto humano*, *Cultura*, *Economia e Financiamento* e *Instrumentação e práticas experimentais* foram identificados em menor número entre as habilidades e de forma mais eventual entre os ciclos de aprendizagem. O trecho a seguir, do Ciclo Interdisciplinar, traz um exemplo de habilidade que pode oportunizar explorar a dimensão *Instrumentação e práticas experimentais,* que inclui analisar a confiabilidade de novos instrumentos:

> *Projetar e construir dispositivos para observação à distância (luneta, periscópio etc.), para observação ampliada de objetos (lupas, microscópios) ou para registro de imagens (máquinas fotográficas) e discutir usos sociais desses dispositivos.* (MEC, 2017, p.341, grifo nosso).

Temas relacionados às dimensões *Interações sociais entre cientistas*, *Processos cognitivos* e *Comunicação e transmissão do conhecimento* não foram identificados em nenhuma das habilidades da Base Nacional Comum Curricular de Ciências Naturais do Ensino Fundamental (Figura 3.1).

No Currículo da Cidade de São Paulo, que é o currículo prescrito municipal elaborado com base na BNCC, há 173 objetivos de aprendizagem e desenvolvimento ao longo dos três ciclos de aprendizagem do Ensino Fundamental. A análise da presença de temas relacionados às dimensões de credibilidade da ciência nesses objetivos indica que *Observação e raciocínio*, *Métodos de investigação* e *História e criatividade* também são, respectivamente, as mais frequentes (Figura 3.2).

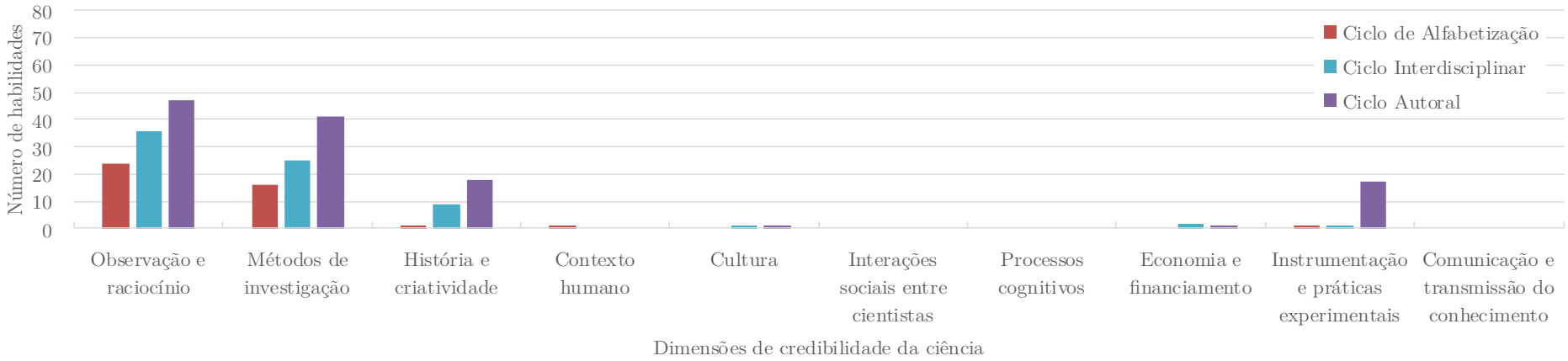



**Figura 3.1.** Presença de temas relacionados às dimensões de credibilidade da ciência nas habilidades da *Base Nacional Comum Curricular de Ciências Naturais do Ensino Fundamental*. As habilidades estão agrupadas conforme os ciclos de Aprendizagem adotados pelo *Currículo da Cidade de São Paulo*: ciclo de Alfabetização (1º, 2º e 3º anos), ciclo Interdisciplinar (4º, 5º e 6º anos) e ciclo Autoral (7º, 8º e 9º anos).

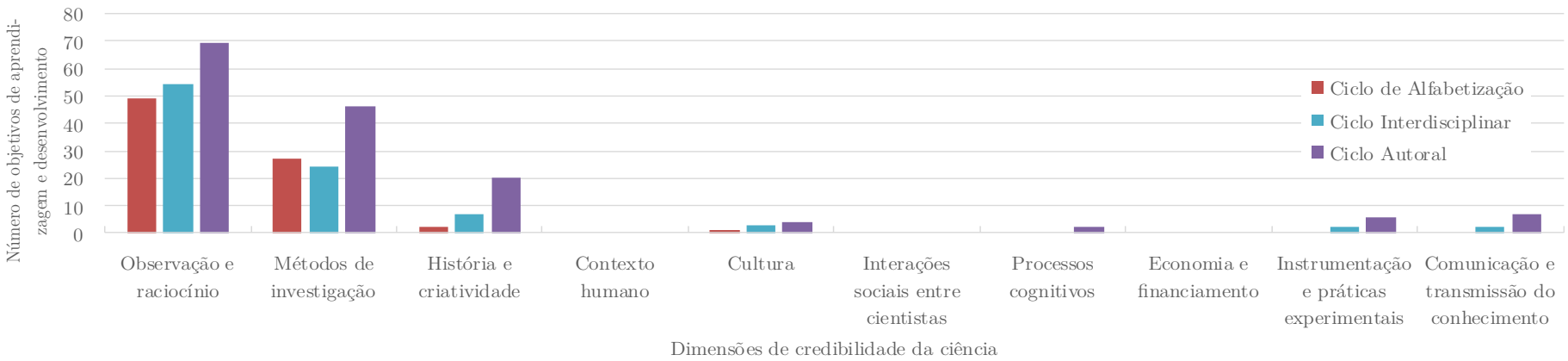



**Figura 3.2.** Presença de temas relacionados às dimensões de credibilidade da ciência nos objetivos de aprendizagem e desenvolvimento do *Currículo da Cidade de São Paulo de Ciências Naturais do Ensino Fundamental*. As habilidades estão agrupadas conforme os ciclos de Aprendizagem adotados pelo *Currículo da Cidade de São Paulo*: ciclo de Alfabetização (1º, 2º e 3º anos), ciclo Interdisciplinar (4º, 5º e 6º anos) e ciclo Autoral (7º, 8º e 9º anos).

Assim como observado na Base, a presença de temas relacionados às dimensões *Observação e raciocínio* e *criatividade* é crescente, conforme o ciclo de aprendizagem progride. Além disso, essa presença no Currículo da Cidade de São Paulo é expressivamente maior que na BNCC (Figura 3.2), sugerindo que esse currículo amplia as oportunidades para explorar essas dimensões de credibilidade da ciência.

No Currículo da Cidade de São Paulo também foi possível identificar temas relacionados à *Comunicação e transmissão do conhecimento*, dimensão de credibilidade que inclui aspectos como normas de manipulação de dados científicos, natureza dos gráficos e responsabilidade social de cientistas, como mostram os trechos a seguir, do ciclo Autoral:

> *Coletar e interpretar dados sobre condições de saúde da comunidade, cidade ou estado, por meio da análise e comparação de indicadores de saúde e de resultados de políticas públicas.* (SME SP, 2017, p.105, grifo nosso).

> *Coletar e interpretar informações sobre as implicações da exploração do espaço pelo ser humano.* (SME SP, 2017, p.107, grifo nosso).

Temas relacionados às dimensões de credibilidade da ciência *Contexto humano*, que aborda o espectro das motivações para fazer ciência e as personalidades humanas no fazer científico, assim como *Economia e financiamento*, que aborda fontes de recursos e conflitos de interesse, não foram encontrados no Currículo da Cidade de São Paulo. Em contrapartida, temas relacionados à dimensão *Cultura*, que incorpora o papel das crenças culturais e dos vieses de gênero, etnia e classe, foram mais frequentes no comparativo com a BNCC (Figura 3.2), o que pode indicar uma maior preocupação dessa dimensão curricular com essas temáticas. A seguir, exemplos da presença delas em objetivos de aprendizagem e desenvolvimento (o primeiro trecho é do ciclo Interdisciplinar e os dois últimos, do Autoral):

> *Avaliar diferentes técnicas de conservação dos alimentos (uso de aditivos, conservantes químicos, embalagens: vácuo, UHT, vidro, lata etc.), considerando as vantagens e desvantagens à saúde humana e ambiental e sua relevância histórica e cultural.* (SME SP, 2017, p.100, grifo nosso).

> *Conhecer explicações de diferentes épocas, culturas e civilizações sobre dia, noite e fases da Lua, valorizando a sua relevância histórica e cultural.* (SME SP, 2017, p.102, grifo nosso).

> *Reconhecer as múltiplas dimensões da sexualidade humana (biológica, sociocultural e afetiva), valorizando e respeitando a diversidade sem preconceitos baseados nas diferenças de gênero e/ou orientação sexual.* (SME SP, 2017, p.103, grifo nosso).

Os currículos prescritos de referência para a rede municipal de São Paulo (a Base e o Currículo da Cidade) oportunizam trabalhar as dimensões de credibilidade da ciência, visto que foram encontrados temas relacionados a elas ao longo dos documentos analisados. Porém, as oportunidades variam bastante entre as dimensões e os ciclos de aprendizagem. As análises apresentadas até aqui indicam que as dimensões de credibilidade da ciência relacionadas à natureza empírica e inferencial da ciência aparecem com mais frequência nos currículos. Em contraposição, dimensões relacionadas ao caráter humano, colaborativo e social da ciência tendem a ser bem menos comuns ou até inexistentes.

Esses resultados dialogam com trabalhos anteriores que também olharam para currículos prescritos, mas em outras nações e com outros constructos teóricos para analisar a presença da natureza da ciência. Por exemplo, o modelo de semelhança de família, que foi usado para analisar os currículos da Irlanda (Erduran e Dagher, 2014b), dos Estados Unidos, da Coreia do Sul e de Taiwan (Park, Wu e Erduran, 2020). Ainda, Summers e colaboradores (2019) analisaram as representações da natureza da ciência em vários documentos estadunidenses, a fim de identificar possíveis mudanças ao longo do tempo. Supreendentemente, apesar da fértil área de pesquisa sobre ensino de natureza da ciência, os documentos analisados por eles mudaram pouco desde a década de 1980, indicando que os currículos continuam abordando pouco elementos como o caráter criativo, tentativo e contextual do empreendimento científico. Em conjunto, esses dados suscitam preocupações sobre o papel exercido pelos documentos prescritivos na produção de materiais e no ensino de ciências na sala de aula.

A natureza da ciência tem passado a fazer parte de currículos de ciências de vários países desde o começo do século passado (Jenkis, 2013). Porém, segundo Lederman (2007), ainda não há um costume em incluir a natureza da ciência nas aulas de ciências. Para Leden e colaboradores (2015), mesmo quando professores incluem atividades investigativas que poderiam contribuir para a construção de conhecimentos sobre a ciência, como as tradicionais práticas em laboratórios, o foco ainda permanece em fatos e na execução de atividades laboratoriais, deixando de lado entendimentos mais amplos sobre a natureza do empreendimento científico.

Seguindo a perspectiva da Ciência Integral (Allchin, 2011), a segunda camada de análise para responder à primeira pergunta da tese compreendeu olhar

para as ações relacionadas ao fazer científico (**P1B:** Os currículos prescritos adotados pela rede municipal de São Paulo apresentam oportunidades de ensino com foco no fazer ciência?). A Figura 3.3 apresenta verbos presentes nas habilidades da *Base Nacional Comum Curricular de Ciências Naturais do Ensino Fundamental* e nos objetivos de aprendizagem e desenvolvimento do *Currículo da Cidade de São Paulo de Ciências Naturais do Ensino Fundamental*. Muitos desses verbos apareceram de forma combinada em uma mesma habilidade ou objetivo de aprendizagem, podendo chegar a cinco em uma mesma oração. Os resultados apresentam 34 dos 74 verbos, pois foram considerados os que aparecem mais de três vezes.

A análise desses dados permite refletir sobre os processos cognitivos desejáveis para o desenvolvimento dos(as) estudantes em cada um dos documentos e como esses processos estão relacionados com a própria natureza do conhecimento científico. A ação de *identificar* é a mais comum nos dois currículos e está presente em todos os ciclos de Aprendizagem (Figura 3.3). Ainda olhando para as ações presentes nos três ciclos, temos *discutir* na Base e *relacionar, reconhecer e compara*r no Currículo da Cidade. Chama atenção o fato de discutir não aparecer no gráfico do Currículo da Cidade. De fato, essa ação só esteve presente em duas habilidades e, por isso, não foi capturada pela análise. Importante notar que muitas dessas ações podem ser consideradas como sinônimos, como é o caso, por exemplo, de *identificar* e *reconhecer*.

Uma forma de olhar para essas ações é avaliar as possibilidades que elas apresentam de aprimorar habilidades intelectuais dos(as) estudantes e de contribuir para que avaliem informações científicas. Ao apresentar a perspectiva da Ciência Integral, Allchin (2011) afirma que, apesar do desejo de uma educação científica que promova o pensamento crítico e analítico, os conhecimentos convencionais sobre a natureza da ciência acabam sendo explorados apenas em termos de *lembrar* e *compreender*. Ao desenvolver essa ideia, Douglas Allchin justifica seu posicionamento evocando a taxonomia de Bloom e argumentando que habilidades como *aplicar* e *avaliar* não costumam aparecer de forma combinada com os conhecimentos sobre natureza da ciência.

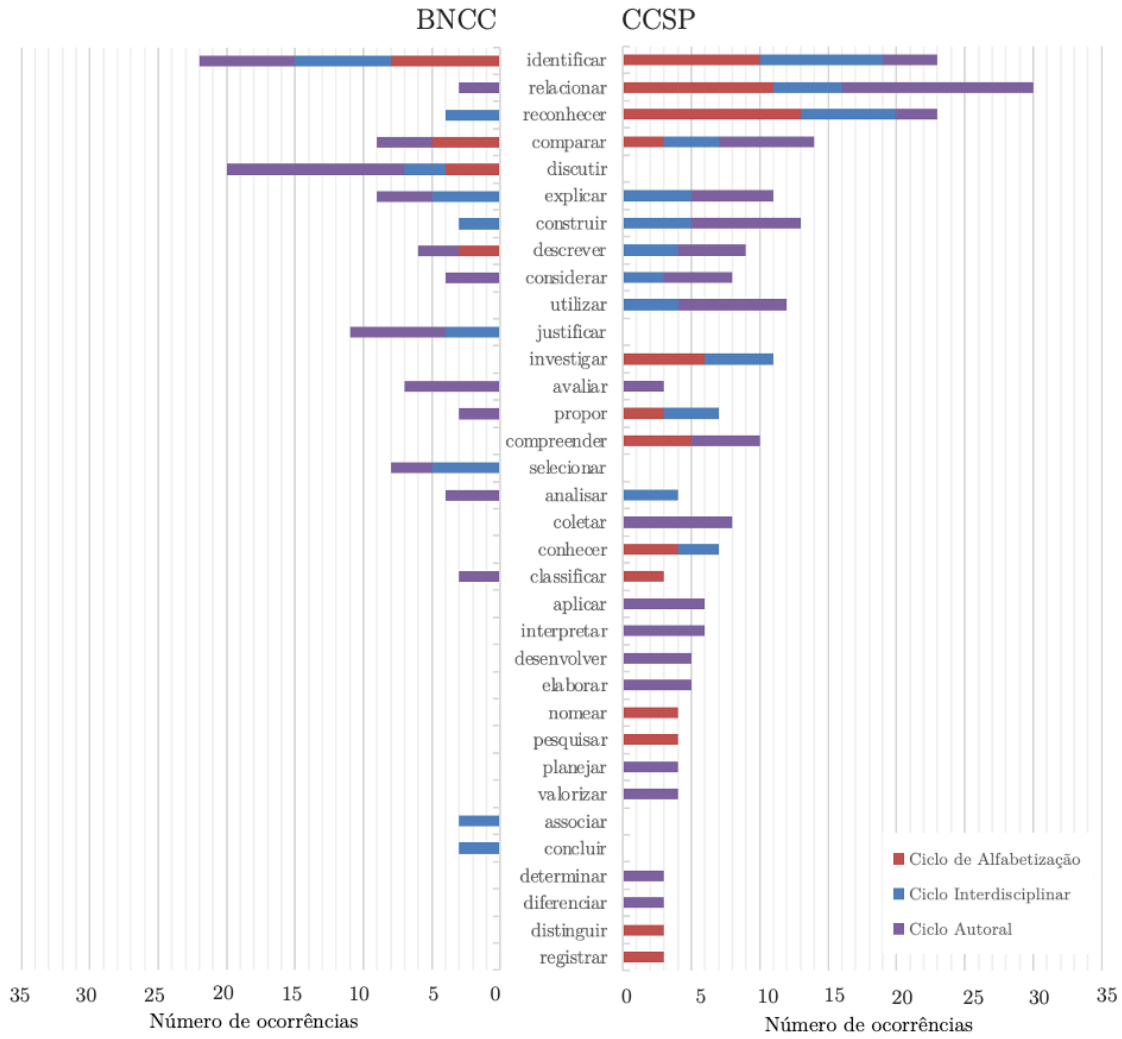



**Figura 3.3.** Ações que aparecem mais de três vezes nas habilidades da *Base Nacional Comum Curricular de Ciências Naturais do Ensino Fundamental* e nos objetivos de aprendizagem e desenvolvimento do *Currículo da Cidade de São Paulo de Ciências Naturais do Ensino Fundamental*. Os verbos estão agrupados conforme os ciclos de Aprendizagem adotados pelo *Currículo da Cidade de São Paulo*: ciclo de Alfabetização (1º, 2º e 3º anos), ciclo Interdisciplinar (4º, 5º e 6º anos) e ciclo Autoral (7º, 8º e 9º anos, conforme os ciclos de Aprendizagem. Verbos mais acima do gráfico são mais frequentes quando consideramos os dois documentos conjuntamente.

Segundo a taxonomia de Bloom revisada, apresentada por Krathwohl (2002) com modificações em relação à versão original de 1949, *identificar* e seu sinônimo *reconhecer* são ações de baixa complexidade e que demandam em geral que os(as) estudantes somente caracterizem informações anteriores. Porém, *discutir* constitui ação de complexidade avançada, pois envolve mobilizar outras ações dos(as) estudantes para se concretizar, como a classificação e a distinção de pressupostos, evidências e hipóteses. Indo ao encontro da referida taxonomia, identificou-se neste trabalho que ações de baixa complexidade (como *nomear* e *distinguir*) apareceram no ciclo de Alfabetização com mais frequência, enquanto *avaliar, analisar* e *planejar* não apareceram nesse ciclo.

Embora a taxonomia de Bloom seja criticada (e.g. Marzano, 2000) por (i) apresentar uma organização hierárquica que pressupõe que um nível superior inclui todos os níveis anteriores e (ii) presumir que há um ordenamento da aprendizagem (por exemplo: aprendemos primeiro a *compreender* para depois *aplicar*) que não reflete os processos cognitivos integralmente (ao *aplicar* podemos *compreender*), a estrutura teórica que se consolidou em torno dela tem ajudado educadores a pensar em estratégias de ensino. Além disso, para o recorte analítico aqui apresentado, esse modelo teórico auxilia a olhar como as ações associadas aos conhecimentos sobre a natureza da ciência podem ser compreendidas por educadores.

Considerando que as ações identificadas na Figura 3.3 aparecem de forma combinada em um mesmo objetivo de aprendizagem no Currículo da Cidade ou habilidade na Base, é válido apurar como os verbos estão relacionados entre si. Essa análise pode colaborar para entender se há articulações que incentivem promover reflexões sobre a ciência. A Figura 3.4 mostra as relações entre os verbos considerados na análise, sem a separação por ciclos de aprendizagem. No grafo, o tamanho das palavras está associado à frequência em que elas aparecem nos documentos. Palavras próximas aparecem associadas de forma recorrente e a espessura das linhas que as unem indica a força da relação. Os "balões" nas ramificações das árvores indicam grupos de dados textuais. As imagens das análises de similitude feitas para cada um dos ciclos de aprendizagem nos dois currículos prescritos não são discutidas em detalhes aqui, mas estão apresentadas no Apêndice B.

Na Base, *identificar* e *comparar* são ações que frequentemente aparecem juntas, o que pode ser verificado pela espessura da linha que une as duas palavras. No Currículo da Cidade, como destaque temos *relacionar* e *construir* como ações que estão fortemente relacionadas (vide proximidade e espessura da linha que as une). Também chama atenção a forte relação entre *coletar* e *interpretar.* Os verbos *analisar, avaliar* e *propor* são periféricos nos dois documentos.

Na perspectiva de *identificar*, estão práticas científicas associadas ao reconhecimento de informações conforme foram aprendidas, o que envolve, por exemplo, listar, descrever, indicar, nomear, encontrar e recuperar conhecimentos. Para que se efetive a ação de *discutir*, considerada uma ação que mobiliza um pensamento de ordem superior ou de alta complexidade, é preciso que haja uma análise das informações, demandando que elas sejam separadas em informações menores para facilitar a compreensão e seja possível explorar relações. *Discutir* demanda comparar, organizar, desconstruir, separar, contrastar.

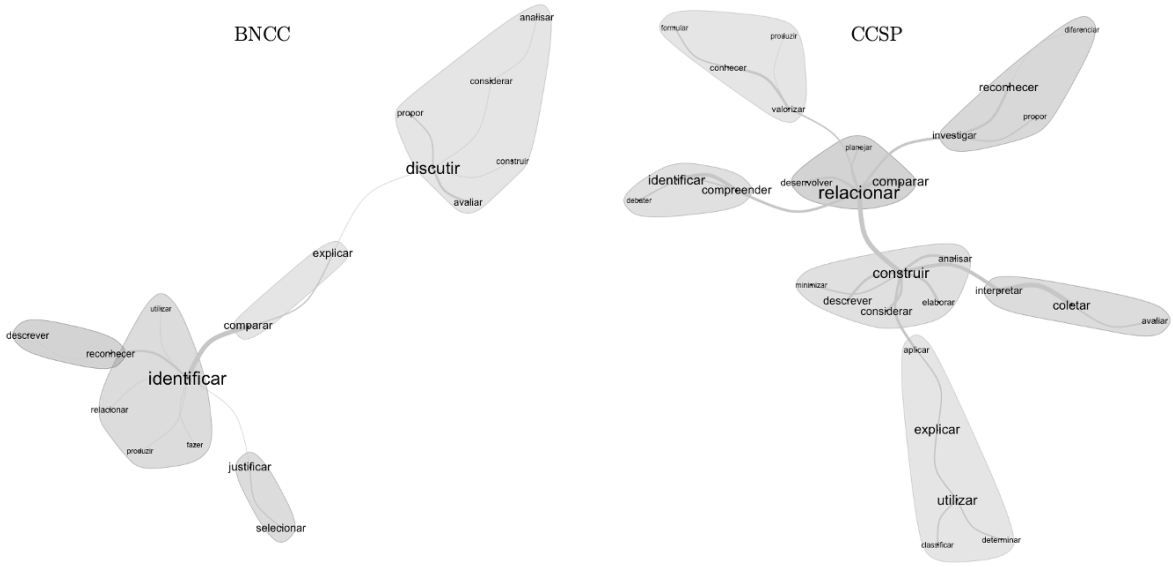



**Figura 3.4.** Grafos resultantes da análise de similitude considerando as ações presentes nas habilidades da *Base Nacional Comum Curricular de Ciências Naturais do Ensino Fundamental* e nos objetivos de aprendizagem e desenvolvimento do *Currículo da Cidade de São Paulo de Ciências Naturais do Ensino Fundamental*.

Os grafos da Figura 3.4 trazem várias ações que circundam os procedimentos e as práticas do fazer científico. O *fazer ciência* está expresso em ações de trocas entre os(as) estudantes em que é possível avaliarem conhecimentos, realizarem testes e construírem justificativas (Jiménez-Aleixandre, Rodríguez & Duschl, 2000). Muitas dessas ações podem contribuir para a construção e a identificação de evidências, por exemplo, indicando que esses documentos curriculares contemplam uma diversidade de ações que podem ser exploradas ao longo dos ciclos de aprendizagem do Ensino Fundamental com o auxílio de diversas estratégias e abordagens de ensino (ver Capítulo 4).

As ações do fazer científico estão associadas a normas, tradições e valores internos, que também devem ser trabalhadas com estudantes, para que sejam capazes de se posicionar (Hodson, 2018). Quando falamos em *discutir, identificar e relacionar*, e de todas as outras ações associadas a elas (Figura 3.4), há valores da ciência que podem ser explorados conjuntamente, como é o caso da ordem, da precisão, da atenção, da confiabilidade e do cuidado. Para Hodson (2018), existem valores desejáveis aos praticantes da ciência, como a racionalidade, a integridade intelectual, a objetividade, a prudência etc., que precisam ser discutidos junto ao fazer científico, pois as ciências os incorporam enquanto frutos de um contexto sociocultural mais amplo.

Explorar as práticas da ciência envolve abranger as dimensões observacionais, conceituais, discursivas e culturais (Allchin & Zemplén, 2020).

Assim, as ações preconizadas pelos documentos curriculares em questão também podem contribuir para discussões nessa linha e que dialogam com as dimensões de credibilidade da ciência (Allchin, 2011). Como exemplo, os trechos a seguir apontam uma intencionalidade do Currículo da Cidade quanto a esse direcionamento:

> A abordagem das Ciências Naturais nas salas de aula deve congregar, portanto, os conhecimentos construídos sobre o mundo natural e as práticas que envolvem a produção, a divulgação e a legitimação de conhecimentos construídos como forma de contribuir para que os estudantes ampliem seu repertório e valorizem a ciência como prática cultural. (SME SP, 2017, p.63, grifo nosso).

> Envolver os estudantes em práticas científicas permitirá que elaborem compreensões sobre os aspectos envolvidos na produção de conhecimento científico, tais como: produzir perguntas, criar modos imaginativos e sistematizados para respondê-las, coletar, registrar e organizar as informações; reconhecer padrões nessas informações que levem a possíveis generalizações; propor explicações e soluções para os problemas e justificar, avaliar e refletir sobre as explicações propostas. (SME SP, 2017, p.70, grifo nosso).

Até aqui, foi possível identificar que ambos os documentos incluem práticas científicas que variam em frequência e em complexidade ao longo dos ciclos de aprendizagem. Porém, apesar das intencionalidades declaradas nos currículos prescritos nacional e municipal, das oportunidades para trabalhar a confiabilidade das afirmações científicas (Figuras 3.1 e 3.2) e várias práticas científicas (Figuras 3.3. e 3.4) não foram identificadas evidências claras de que o fazer científico aparece *diretamente articulado* às dimensões de credibilidade da ciência, possibilitando que estudantes possam avaliar afirmações científicas para a tomada de decisão social e pessoal (**P1C**).

Os três trechos a seguir apresentam algumas das competências gerais da educação básica constantes na Base e foram selecionados por exemplificarem de diferentes formas esse argumento:

> Exercitar a curiosidade intelectual e usar a abordagem própria das ciências, incluindo investigação, reflexão, análise crítica, imaginação e criatividade, para investigar causas, desenvolver e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (incluindo soluções tecnológicas) com base no conhecimento das diferentes áreas. (MEC, 2017, p.9, grifo nosso).

O fragmento acima indica que existe a preocupação de incluir os processos epistêmicos no ensino de ciências (investigação, reflexão, análise crítica), mas poderia indicar também a importância de focalizar no problema da confiabilidade,

do metaconhecimento e da justificativa. Para fortalecer a articulação entre o fazer científico e as dimensões da credibilidade da ciência, o documento poderia dar maior ênfase à evidência, à natureza da evidência, às fontes de erro ou à eliminação das fontes de erro. Outro exemplo pode ser visto em:

> Valorizar e usar o conhecimento construído historicamente sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para construir uma sociedade justa, democrática e inclusiva. (MEC, 2017, p.9, grifo nosso).

O trecho anterior também indica a possibilidade de explorar dimensões de credibilidade da ciência (conhecimento contextualizado, explicar a realidade). É um exemplo que dialoga com as discussões sobre a inclusão da natureza da ciência em documentos prescritivos. Porém, poderia ser mais específico, explicitando a possibilidade de trabalhar com casos contemporâneos ou de explorar práticas científicas para examinar casos concretos que exijam por parte do(a) estudante a tomada de decisão.

> Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a responsabilidade socioambiental e o consumo sustentável local, regional e global, tomando uma posição ética sobre o cuidado consigo mesmo, com os outros e com o planeta". (MEC, 2017, p.9, grifo nosso).

Esse último fragmento indica a presença de dimensões de credibilidade da ciência (discutir com base em dados), explora o engajamento em práticas da ciência (fatos, dados e informações confiáveis - inferindo que há uma preocupação em qualificar uma informação pelo uso da palavra *confiáve*l) e deixa implícita uma possível articulação entre o fazer científico e a credibilidade da ciência, pois informa que dados e informações confiáveis devem ser utilizados para fins ligados ao bem comum.

Uma ideia-chave da perspectiva da Ciência Integral exemplificada no trecho é a de informação confiável, que supõe a necessidade do(a) estudante ser capaz de diferenciar confiável de não confiável/de falso. Outra ideia-chave está em negociar, que implica em uma ação a ser executada coletivamente, havendo aqui espaço para explorar a compreensão sobre o papel do consenso de especialistas, por exemplo. Assim, na passagem acima, há evidência da perspectiva da Ciência Integral que estamos procurando no currículo prescrito. Todavia, apesar de exemplificar melhor

o que seria esperado de uma perspectiva curricular que inclua a visão da Ciência Integral, ele também está incompleto no que tange à tomada de decisão.

Os currículos prescritos nacional e municipal analisados contemplam em partes a perspectiva da Ciência Integral, visto que incluem temas que dialogam com as dimensões de credibilidade da ciência e processos epistêmicos ao longo dos ciclos de aprendizagem. As diferentes análises apresentadas até aqui buscaram apontar fragmentos como evidências disso. Os objetivos de aprendizagem e habilidades presentes nos documentos prescritivos municipal e nacional trazem ideias que apontam a necessidade de os estudantes se concentrarem não apenas na aprendizagem de conteúdos que refletem conceitos acabados, mas sobretudo no engajamento em práticas da ciência.

Há uma intencionalidade declarada em envolver os estudantes no fazer ciência. Todavia, não há uma preocupação evidente com que reflitam sobre as justificativas, sobre como podem confiar nos conhecimentos apresentados. A ideia de investigação até aparece nos currículos, mas o nível de sofisticação ou a compreensão dos fatores que a estruturam não são colocados em destaque nesses documentos. Por fim, não há indícios de que os documentos estejam apresentando caminhos sobre como oportunizar a compreensão ou o exercício da utilização dos conhecimentos sobre a ciência em casos concretos de tomada de decisão individual ou coletiva.

Nesse sentido, a **análise de rede epistêmica** foi usada com múltiplos objetivos: modelar padrões de co-ocorrência de temas relacionados às dimensões de credibilidade da ciência, visualizar as estruturas dessas co-ocorrências por meio de redes, quantificar os padrões encontrados e comparar visual e estatisticamente as diferentes redes modeladas. Com isso, foi possível interpretar se (e como) os padrões entre os currículos prescritos e entre os ciclos de aprendizagem são semelhantes ou diferem entre si (**P1D**: *O que revela o contraste entre os currículos prescritos nacional e local – especificamente da rede municipal de São Paulo – quanto ao ensino sobre a natureza da ciência?*).

Uma primeira análise das redes dos currículos prescritos está apresentada na Figura 3.5, na qual é possível identificar poucas diferenças entre as duas redes (Figura 3.5**a** e 3.5**b**). Em ambas as redes, não apenas o formato é semelhante (a posição dos nós é fixa para facilitar essa comparação), como também a força das relações entre os temas das diferentes dimensões é bastante simular (espessura das linhas). Por esse motivo, a rede da Figura 3.5**c**, que mostra o contraste entre as

redes da BNCC e do Currículo da Cidade (ao subtrair os pesos de conexão das duas redes), possui linhas bem finas e claras.

A principal diferença entre as redes está nas relações entre *Métodos de Investigação*, *Observação e raciocínio*, *História e criatividade* e *Instrumentação e práticas experimentais* com a dimensão *Cultura*, que forma a região esquerda em azul na rede **c**, indicando que essas relações são menos comuns na BNCC. Por outro lado, a região em vermelho na rede da Figura 3.5**c** evidencia as relações temáticas menos comuns no Currículo da Cidade. Além dessa comparação visual, foram feitas avaliações estatísticas bidimensionais com base no teste Mann-Whitney e identificou-se que as redes não são estatisticamente diferentes em nenhum dos eixos (resultados no Apêndice C).

Considerando as análises anteriores apresentadas neste capítulo e o contraste das redes epistêmicas analisadas para esses dois níveis de currículo, é possível inferir que, apesar das semelhanças entre os documentos prescritivos, o currículo da rede municipal de São Paulo integra, de forma mais pronunciada, temas associados à dimensão *Cultura*, colocando essa dimensão em maior diálogo com as dimensões associadas à natureza empírica, analítica e inferencial da ciência, no comparativo com o currículo prescritivo nacional. Apesar disso, vale ponderar que temas relacionados à dimensão *Cultura* foram pouco representativos em ambos os documentos (Figuras 3.1 e 3.2).

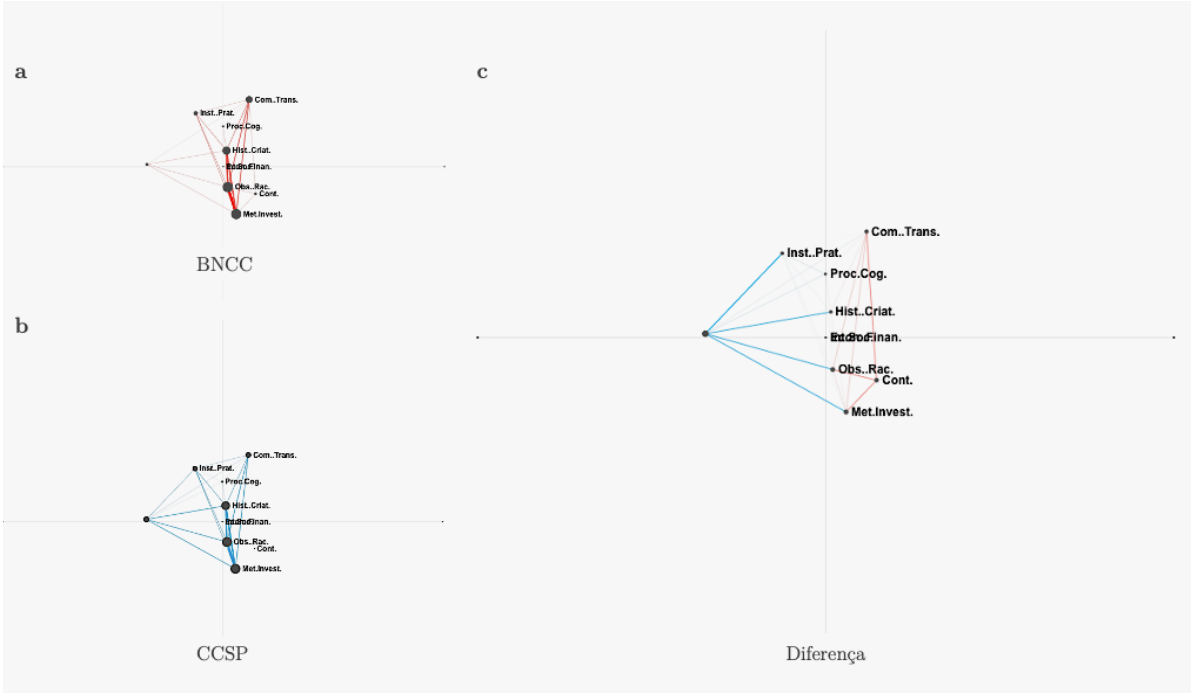



**Figura 3.5.** Resultado da *análise de rede epistêmica* nos currículos prescritos, montada com base em temas associados às dimensões de credibilidade da ciência. (a) Rede da BNCC de Ciências Naturais do Ensino Fundamental, (b) rede do Currículo da Cidade de São Paulo de Ciências Naturais e (c) rede da diferença entre a BNCC e o CCSP.

Embora tenham sido identificadas poucas semelhanças significativas entre os currículos prescritos, interessa caracterizar como temas relacionados às dimensões de credibilidade de ciência co-ocorrem ao longo dos diferentes ciclos de aprendizagem. Essa análise pode ajudar a evidenciar diferenças interessantes ao longo dos documentos. A Figura 3.6 indica visualmente que as redes dos ciclos de aprendizagem diferem entre si, sendo que as redes dos ciclos Interdisciplinar e Autoral são mais semelhantes entre si do que a rede do ciclo de Alfabetização.

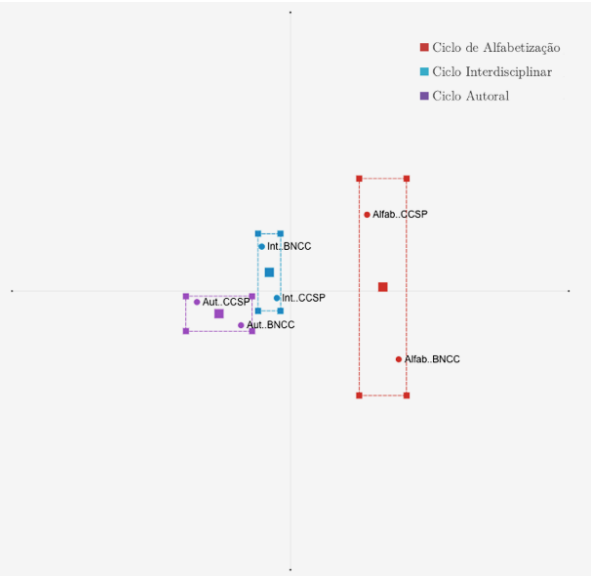



**Figura 3.6.** Resultado visual da comparação estatística entre as redes resultantes da *análise de rede epistêmica* nos currículos prescritos. Os quadrados preenchidos (internos ao retângulo pontilhado, que são os desvios) indicam as redes médias de cada ciclo de aprendizagem.

Ao olhar em detalhes para as redes médias da Figura 3.6 (ou seja, as redes representadas pelos quadrados centrais em cada um dos retângulos da figura), temos as redes apresentadas na Figura 3.7. O primeiro resultado interessante é que podemos visualizar quais são as diferenças entre as redes do Ciclo de Alfabetização (Figura 3.7**a**) e as demais. Essa rede possui temas mais fortemente relacionados na parte direita do gráfico, conectando, de forma mais pronunciada, *Métodos de Investigação* e *Observação e raciocínio*. O formato da rede também mostra que algumas relações são fracas (como *Comunicação e transmissão do conhecimento – Contexto humano*) e outras são inexistentes (como *Observação e raciocínio – Instrumentação e práticas experimentais* e *Observação e raciocínio – Processos cognitivos*).

**Figura 3.7.** Resultado da *análise de rede epistêmica* nos currículos prescritos, montada com base em temas associados às dimensões de credibilidade da ciência. (a) Rede do Ciclo de Alfabetização, (b) rede do Ciclo Interdisciplinar, (c) rede do Ciclo Autoral, (d) rede da diferença entre o Ciclo de Alfabetização e o Ciclo Interdisciplinar e (e) rede da diferença entre o Ciclo Interdisciplinar e o Ciclo Autoral.

As redes dos ciclos Interdisciplinar (Figura 3.7**b**) e Autoral (Figura 3.7**c**) são mais semelhantes entre si, como podemos ver pelo formato e pela força das relações (espessura das linhas) que configuram o modelo. Fato que também pode ser observado nas redes que ilustram os contrastes entre os ciclos Interdisciplinar e de Alfabetização (Figura 3.7**d**) e os ciclos Interdisciplinar e Autoral (Figura 3.7**e**). As redes comparativas estão indicando algumas nuances interessantes na forma como os temas se relacionam e que poderíamos não ter identificado apenas com a interpretação dos textos ou pelas análises das presenças (Figuras 3.1 e 3.2).

Dessa etapa da análise, pode-se depreender que, apesar de algumas relações estarem presentes em todos os ciclos de aprendizagem, o Ciclo de Alfabetização parece privilegiar mais relações entre temas que dialogam com dimensões de credibilidade da ciência relativas às práticas de investigação. Em contrapartida, o ciclo Interdisciplinar pode contribuir para estabelecer mais conexões entre temas vinculados aos aspectos sociais da produção do conhecimento. Por fim, o ciclo Autoral é o que pode estar promovendo, de forma mais difusa, oportunidades para estabelecer mais relações entre as diferentes dimensões de credibilidade da ciência.

Os textos dos currículos prescritos analisados trazem fragmentos que evidenciam uma intencionalidade de incorporar conhecimentos sobre a natureza da ciência no ensino fundamental, apontando vários espaços para explorar esses saberes. Os trechos a seguir exemplificam algumas dessas declarações:

> (...) *apreender ciência não é a finalidade última do letramento, mas, sim, o desenvolvimento da capacidade de atuação no e sobre o mundo, importante ao exercício pleno da cidadania.* (MEC, 2017, p.319, grifo nosso).

> *1. Compreender as Ciências da Natureza como empreendimento humano, e o conhecimento científico como provisório, cultural e histórico.* (MEC, 2017, p.322, grifo nosso).

Apesar de prescreverem a importância da temática, os resultados apresentados neste capítulo indicam que vários aspectos da natureza da ciência ainda não permeiam essa dimensão curricular. Evidências disso estão nas diferentes análises que olharam para temas e práticas do fazer científico relacionados às dimensões de credibilidade da ciência e que apontaram que várias delas podem não estar sendo articuladas e suficientemente oportunizadas ao longo dos ciclos de aprendizagem.

O julgamento de informações científicas, quando se torna uma prática cotidiana dos(as) estudantes, é um indício substancial de que os objetivos do ensino

sobre a natureza da ciência na perspectiva da alfabetização científica foram alcançados. Por esse motivo, habilidades que fazem parte de processos científicos, como a observação, a construção de hipóteses, a descrição e o planejamento de métodos, o controle de variáveis e erros, a interpretação de dados, a construção de explicações, a comunicação dos achados de uma investigação, etc., são frequentemente consideradas como indicativos de que a natureza da ciência está presente em currículos. Tal decisão está baseada no fato de que engajar-se nessas ações e conhecer sobre elas podem contribuir para a avaliação de informações científicas (Hodson, 2009; Erduran & Dagher, 2014). Apesar disso, apenas o engajamento em práticas pode não ser suficiente, como tem apontado a literatura (Capítulos 1 e 2).

Embora os currículos não definam rigidamente o trabalho docente, eles certamente podem apontar caminhos de temas e abordagens a serem privilegiados, impulsionando certos conjuntos de práticas e saberes. Assim como Galili (2019), acreditamos que os conteúdos sobre a natureza do empreendimento científico precisam estar explícitos, evidentes, declarados, expressos nos currículos prescritos e não deixados para serem totalmente interpretados por educadores e estudantes, especialmente em um contexto de reforma curricular. Tal fato está baseado em relatos da literatura sobre os processos de atualização curricular ao redor do globo.

As reformas curriculares baseadas em documentos prescritivos tendem a ser tradicionalmente implementadas com foco em resultados e não necessariamente em processos de aprendizagem (Mølstad & Prøitz, 2019), tornando-se mais um processo opressor para professores do que fomentador de oportunidades de aprendizagem (Bismack et al., 2014). Em obra que discutiu as reformas curriculares na África do Sul, Ursula Hoadley (2018) esclarece que as reformas ocorridas em países em desenvolvimento entre os anos de 1990 e 2000 foram marcadas por mudanças curriculares e pedagógicas que deixaram de mirar em conteúdos conceituais para se focarem em pedagogias que colocam estudantes no centro da aprendizagem. Para ela, entre outras tendências, os currículos passaram a destacar atitudes e habilidades requeridas pelo mercado, refletindo um direcionamento alinhado a um discurso neoliberal, que responde às pressões de mercado.

As reflexões trazidas por todas as autoras citadas no parágrafo anterior são fundamentais e colocam as análises apresentadas neste capítulo em um contexto mais amplo. Em conjunto, o panorama que as autoras apresentam se somam à nossa compreensão de que os conhecimentos *sobre* a natureza da ciência não têm uma função utilitarista, mas transformadora. Uma educação científica que se volta

para um processo formativo (e não para um produto) que fomenta a alfabetização científica vai na contramão de reformas curriculares circunstanciais.

Também dialogando com essas ideias, Galian, Pietri e Sasseron (2020) buscaram identificar os modelos de professor e de alunos presentes na Base. Segundo parte da análise apresentada no trabalho, é possível compreender

> (...) a concepção de conteúdo assumida pela BNCC como restrita aos conceitos de uma determinada área, não incorporando as normas e práticas, que constituem epistemicamente um dado campo, como conteúdo a ser desenvolvido em aula. (Galian et al., 2020, p.8, grifo nosso).

A constatação das autoras e do autor é preocupante porque, como temos pontuado neste trabalho, a inclusão de perspectivas da natureza da ciência tem sido defendida veementemente pelos(as) pesquisadores(as) da área. Apesar de terem sido identificados temas relacionados às dimensões de credibilidade da ciência nos documentos prescritivos aqui analisados, entende-se que os desafios para que elas estejam presentes na sala de aula são grandes. Isso porque o documento não estabelece relações claras entre a natureza da ciência e outros tipos de conteúdos ou objetivos de ensino, dificultando a criação de oportunidades de ensino pelo(a) professor(a) (Herman et al., 2013). Ainda, a falta de relações com outros conteúdos pode dificultar a ação do(da) professor(a) para realçar a complexidade da ciência, além de deixar de lado oportunidades em que estudantes poderiam se engajar em práticas da ciência.

Com um panorama do que caracteriza o conhecimento científico em cada um dos documentos e quais práticas e procedimentos científicos estão sendo privilegiados nas habilidades da Base e nos objetivos de aprendizagem e desenvolvimento do Currículo, é oportuno explorar de que forma essas ideias estão sendo apresentada aos professores em materiais didáticos e é isso que será apresentado no próximo capítulo.

# CAPÍTULO 4

## Currículo apresentado aos professores e ensino sobre a natureza da ciência

Neste capítulo serão apresentados os resultados e as discussões que contribuem para responder à **segunda pergunta** da tese: *Como o currículo apresentado aos professores da rede municipal de São Paulo, na forma de sequências didáticas investigativas, explora oportunidades de ensino sobre a natureza da ciência?*

A análise do currículo apresentado aos professores foi realizada nos nove volumes que compõem os *Cadernos da Cidade: Saberes e Aprendizagens - Ciências Naturais* versão do(da) professor(a). Seguindo os parâmetros estabelecidos pela ferramenta de análise desenvolvida para esta tese, incialmente foram identificadas as atividades que tinham como um dos objetivos de ensino trabalhar a natureza da ciência e que não se enquadravam no critério de exclusão. Desse primeiro olhar para os Cadernos, foi possível identificar 102 atividades (Apêndice D) de um total de 372 (Apêndice A). As 102 atividades foram, então, analisadas segundo os quatro pilares que compõem a MAPEA-NdC, conforme os procedimentos descritos no Capítulo 2.

Do conjunto de atividades analisadas, 54 foram do ciclo de Alfabetização, 24 do ciclo Interdisciplinar e 24, do Autoral. A Figura 4.1 traz uma síntese da estatística descritiva da análise da MAPEA-NdC para esse conjunto de atividades. A visão global da variação desses valores aponta alguns resultados interessantes. O primeiro deles diz respeito à simetria dos dados, indicada pela proximidade dos valores entre as médias e as medianas nos três ciclos. Ainda, nota-se que os valores médios entre os ciclos permaneceram praticamente iguais entre si (por volta de 5) e relativamente medianos – considerando que o valor máximo obtido por essa análise seria 10.

O segundo resultado interessante é que a variação dos dados entre os ciclos é contrastante. Pela altura da caixa do boxplot vemos que os valores da análise do ciclo de Alfabetização praticamente não variaram (há uma linha e não uma caixa), o que não ocorreu nos demais ciclos, sobretudo no ciclo Autoral, que apresentou a maior variação. Esse dado pode indicar que há uma certa "homogeneidade" na forma como a natureza da ciência é trabalhada no ciclo de Alfabetização e que as atividades ficam mais "heterogêneas" entre si ao longo dos outros ciclos. Aqui, as aspas são usadas para trazer o lembrete de que as semelhanças e diferenças entre

as atividades estão situadas no contexto da análise proposta: quatro pilares embasados na literatura e que versam sobre como a natureza da ciência pode ser explorada no material. A existência de outros pilares que não foram incluídos na rubrica nesse momento, como o ensino pautado no diálogo e no acolhimento e a integração de atividades em uma sequência didática (ver descrição da matriz no Capítulo 2), poderiam impactar esses resultados.

Outro resultado informativo da Figura 4.1 é a indicação dos valores mínimos e máximos obtidos da MAPEA-NdC para cada ciclo: respectivamente 4 e 7 no ciclo de Alfabetização; 3 e 9, no Interdisciplinar e 3 e 9, no Autoral. Por fim, no ciclo Interdisciplinar, 25% das atividades analisadas atingiram pontuação maior ou igual a 6 pela análise da matriz, enquanto no ciclo Autoral, 25% atingiram uma pontuação de pelo menos 8.

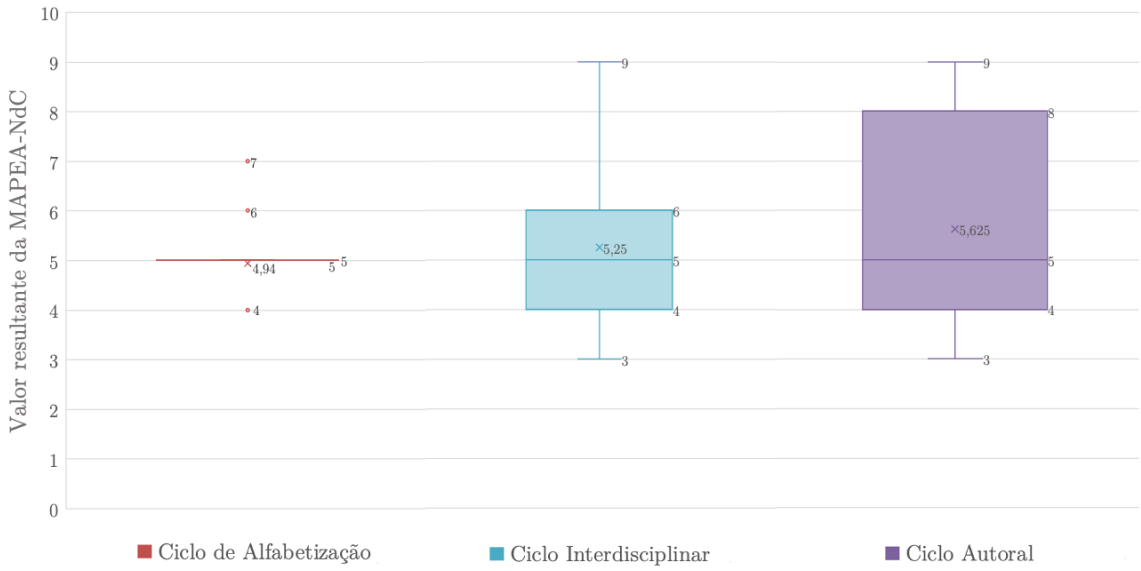



**Figura 4.1.** Boxplot com os valores resultantes da análise pela MAPEA-NdC, realizada em 102 atividades presentes nos *Cadernos da Cidade: Saberes e Aprendizagens - Ciências Naturais* versão do(da) professor(a). As atividades estão agrupadas conforme os ciclos de Aprendizagem adotados pelo *Currículo da Cidade de São Paulo*: ciclo de Alfabetização (1º, 2º e 3º anos), ciclo Interdisciplinar (4º, 5º e 6º anos) e ciclo Autoral (7º, 8º e 9º anos). Legenda: "x" indica a média do conjunto de atividades, enquanto a linha horizontal que corta o bloxplot representa a mediana.

A compreensão de como a natureza da ciência está apresentada aos professores ao longo dos *Cadernos da Cidade* passa por olhar para cada um dos pilares que compõem a matriz. A Figura 4.2 apresenta, então, os valores das médias e dos desvios obtidos em cada um dos pilares e conforme os ciclos de aprendizagem. Uma primeira análise desse gráfico ajuda a ter uma ideia de como cada pilar contribuiu para a nota total da MAPEA-NdC nos ciclos (Figura 4.1) e da variação existente entre os ciclos em cada um dos pilares.

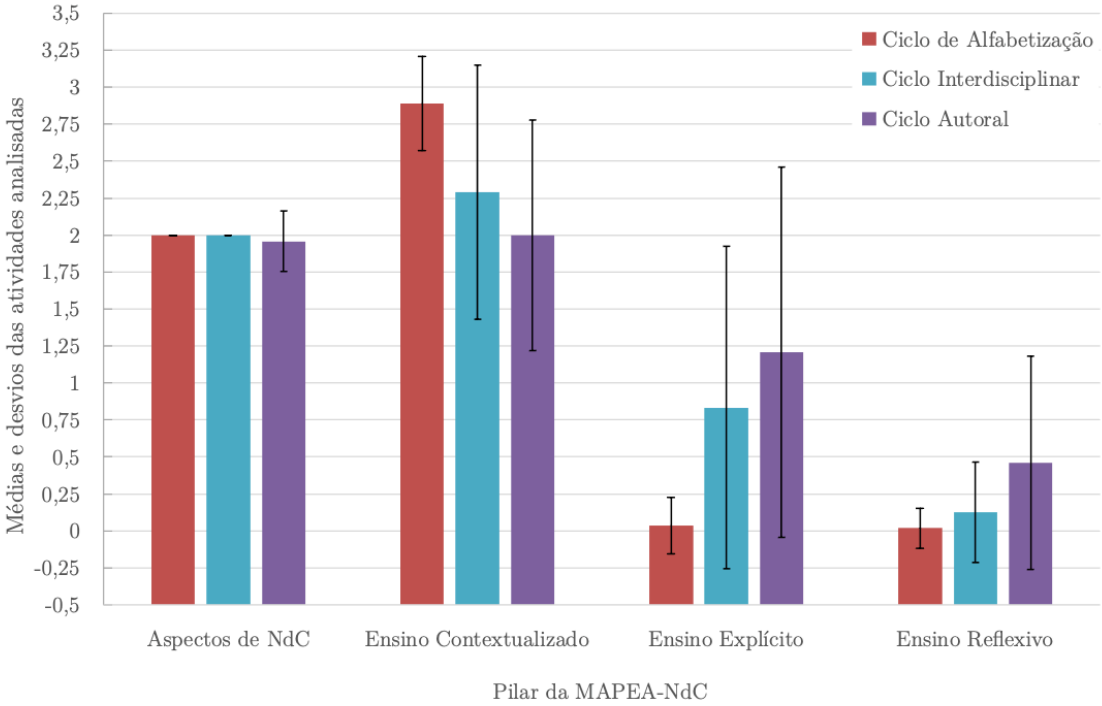



**Figura 4.2.** Médias e desvios[1] dos resultados obtidos pela análise dos quatro pilares que compõem a MAPEA-NdC, realizada em 102 atividades presentes nos *Cadernos da Cidade: Saberes e Aprendizagens - Ciências Naturais* versão do(da) professor(a). As atividades estão agrupadas conforme os ciclos de Aprendizagem adotados pelo *Currículo da Cidade de São Paulo*: ciclo de Alfabetização (1º, 2º e 3º anos), ciclo Interdisciplinar (4º, 5º e 6º anos) e ciclo Autoral (7º, 8º e 9º anos).

O panorama geral apresentado na Figura 4.2 pode estar indicando algumas tendências interessantes sobre como a natureza da ciência está sendo apresentada aos professores nesse conjunto de materiais. Em primeiro lugar, temos o pilar de Aspectos de NdC com praticamente nenhuma variação entre os ciclos de aprendizagem. Em contrapartida, vemos duas tendências opostas nos demais pilares: por um lado o Ensino Contextualizado tende a diminuir ao longo dos ciclos de aprendizagem; por outro, há uma tendência no aumento do Ensino Explícito e do Ensino Reflexivo ao longo dos anos escolares. A seguir, são apresentadas algumas nuances que ajudam a entender as variações encontradas dentro dos três ciclos de aprendizagem e fornecem um panorama mais amplo das oportunidades presentes nesse nível de currículo para ensinar sobre a ciência.

A análise do primeiro pilar da MAPEA-NdC, **Aspectos de NdC**, indicou pouca variação entre os ciclos (Figura 4.2). No ciclo de Alfabetização e no ciclo Interdisciplinar todas as atividades analisadas apresentaram evidências de que aspectos de natureza da ciência estavam contemplados de forma bem informada na atividade. No ciclo Autoral, apenas uma atividade foi pontuada com "1", por

[1] Devido aos valores dos desvios, o eixo das médias foi deslocado do zero para incorporar os desvios sem prejudicar a visualização.

explorar parcialmente a natureza da ciência e trazer ao menos um aspecto de forma pouco informada (Allchin, 2011; Gil-Pérez et al., 2001):

> [Comentários para o(a) professor(a)] *(...) O mesmo pode se dizer de Aristóteles, eram sujeitos que pairavam por vários campos, que discutiam questões de múltiplas ordens, metafísicas, lógicas e éticas. O fato é que pouco se sabe sobre o acúmulo de conhecimento, e muito se que se tem de bibliografia são relatos de como entendiam o mundo (...).* (SME SP, 2019g, p.77, grifo nosso).

Ao abordarem as "visões deformadas" (palavras dos autores) mais comuns entre professores, segundo a literatura, Gil-Pérez e colaboradores (2001) relacionaram a visão de um conhecimento científico linear e acumulativo como complementar à ideia de uma ciência rígida, que desconsidera controvérsias e a construção dialógica do conhecimento. Para eles, essa visão é uma dentre as sete visões mais estereotipadas e afastadas de como a ciência funciona e é produzida. Apesar disso, é importante destacar que o trecho em questão não era o foco da atividade, tampouco estava no material do estudante.

Os temas associados às dimensões de credibilidade da ciência *Observação e raciocínio* e *Interações sociais entre cientistas* foram os mais frequentes nas atividades (Figura 4.3), seguidos pelos associados a *História e Criatividade* e *Métodos de Investigação*. Temas relacionados a *Economia e financiamento*, dimensão que envolve conflitos de interesse na ciência, não apareceram em nenhuma atividade.

Temas associados às *Interações sociais entre cientistas* – que envolvem, dentre outros aspectos, a colaboração entre cientistas, as formas de persuasão, a revisão por pares e a resolução de pontos conflitantes – foram identificados ao longo de todos os ciclos de aprendizagem (Figura 4.4). Entretanto, o ciclo de Alfabetização foi o que apresentou mais atividades que oportunizam explorar essa dimensão.

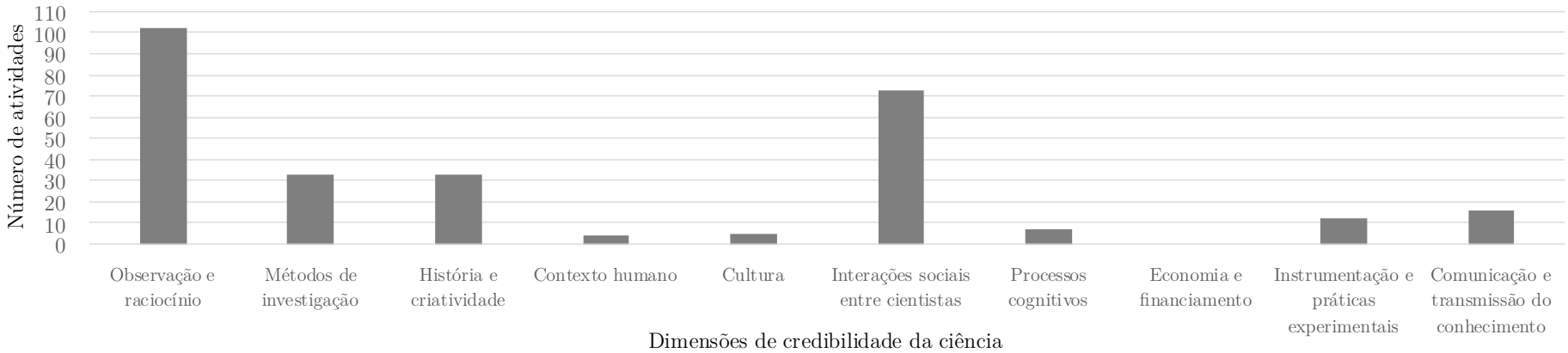



**Figura 4.3.** Presença de temas relacionados às dimensões de credibilidade da ciência em 102 atividades dos *Cadernos da Cidade: Saberes e Aprendizagens - Ciências Naturais*, considerando todos os ciclos de Aprendizagem adotados pelo *Currículo da Cidade de São Paulo*.

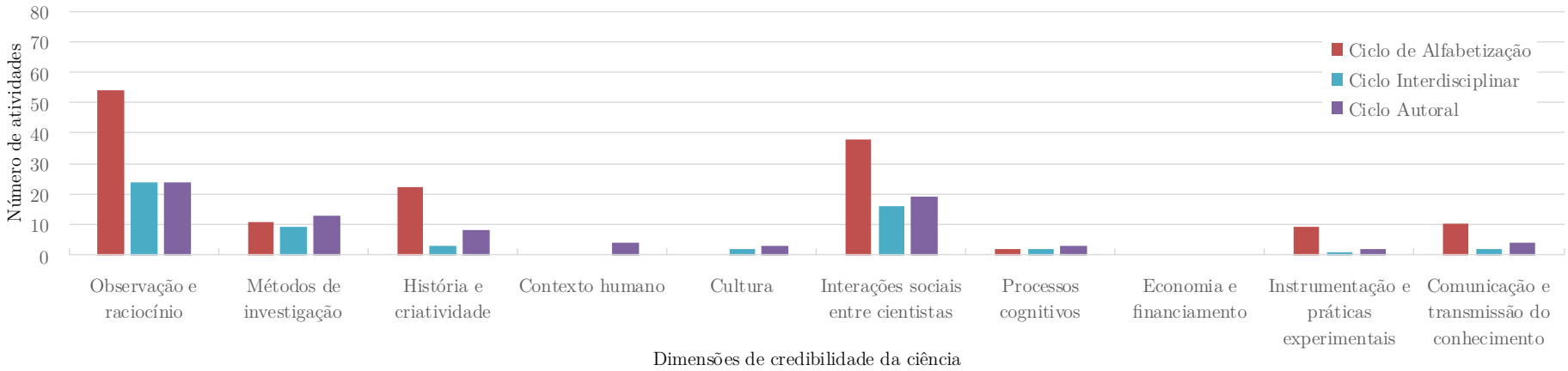



**Figura 4.4.** Presença de temas relacionados às dimensões de credibilidade da ciência em 102 atividades dos *Cadernos da Cidade: Saberes e Aprendizagens - Ciências Naturais*. As atividades estão agrupadas conforme os ciclos de Aprendizagem adotados pelo *Currículo da Cidade de São Paulo*: ciclo de Alfabetização (1º, 2º e 3º anos), ciclo Interdisciplinar (4º, 5º e 6º anos) e ciclo Autoral (7º, 8º e 9º anos).

A presença de temas relacionados à dimensão de credibilidade *Observação e raciocínio* foi constante em todas as atividades analisadas (Figura 4.3), fato possivelmente associado ao grande número de atividades práticas e investigativas que compõem os cadernos como um todo – que incorporam o ensino de ciências por investigação como fio condutor. Os trechos selecionados adiante ilustram algumas dessas ocorrências, trazendo exemplos relacionados ao papel do estudo e observação sistemáticos e à verificação das informações, nos ciclos de Alfabetização (03_SD2_A02)[2], Interdisciplinar (04_SD3_A03) e Autoral (08_SD7_A01), respectivamente:

> [Comentários para o(a) professor(a)] *Esta atividade deverá ser realizada em pequenos grupos. Certifique que cada grupo tenha os materiais em mãos. Oriente-os para registrarem na segunda coluna da tabela como eles imaginam que o som será produzido pelos objetos, por exemplo, ao bater uma colher na outra, que tipo de som será emitido? (...) Após o levantamento de hipóteses, deixe que os(as) estudantes produzam os diferentes sons e registrem na terceira coluna da tabela. Ao final do experimento, discuta com eles sobre a identificação e as características dos sons ouvidos.* (SME SP, 2019c, p.45, grifo nosso).

> [Comentários para o(a) professor(a)] *Propor que os(as) estudantes estabeleçam relações entre as diferentes espécies de uma cadeia alimentar a partir da análise dos dados apresentados. (...)* [Versão do(da) estudante] *2) A seguir, preencha o quadro com informações apresentadas ao longo do texto. (...) 3) A partir da análise do quadro comparativo, responda.* (SME SP, 2019d, pp.80-81, grifo nosso).

> [Versão do(da) estudante] *4) Por que é importante ter vários participantes para avaliar o gosto e o sabor de cada amostra de alimento? 5) Explique por que os procedimentos 1 e 3 são necessários nesta investigação.* [Comentários para o(a) professor(a)] *(...) Importante que essa etapa de experimentação seja aleatorizada, para possibilitar análises às cegas posteriores. Os(As) estudantes que participarão da experimentação não deverão saber quais são os alimentos.* (SME SP, 2019h, p.242, grifo nosso).

Temas relacionados à dimensão de credibilidade da ciência *Interações sociais entre cientistas,* presentes em 73 atividades, foram mais comuns em atividades do ciclo de Alfabetização. Isso pode estar associado ao maior número de atividades explicitamente colaborativas nos três anos iniciais do ensino fundamental. Os trechos a seguir são de atividades, respectivamente, do primeiro e do terceiro ano do ensino fundamental e exemplificam essa situação:

---

[2] O código indica, respectivamente, o ano escolar (03), o número da unidade/ sequência didática do caderno (SD2) e o número da atividade dentro da sequência didática (A02).

> [Versão do(da) estudante] *2) Anote, nas tabelas a seguir, os locais que foram escolhidos pela turma e, na coluna ao lado, quantas crianças escolheram cada local.* [Comentários para o(a) professor(a)] *Todos os locais da escola que foram citados pelos(as) estudantes serão organizados na tabela da questão 2. Dependendo da turma, o(a) professor(a) pode, inicialmente, solicitar que os(as) estudantes organizem essa tabela em grupos e, depois, realizar um registro coletivo com a turma, quantificando os locais que foram citados.* (SME SP, 2019a, p.60, grifo nosso).

> [Versão do(da) estudante] *Para sentir melhor essa vibração do som no corpo, converse com seu colega e discutam sobre quais tipos de instrumentos vocês imaginam ser melhores para as crianças surdas tocarem. Desenhe esses instrumentos.* [Comentários para o(a) professor(a)] *Solicite que os (as) estudantes se organizem em duplas e discutam sobre o assunto. Deixe-os livres para levantarem as suas hipóteses. Discuta as ideias de cada dupla, problematizando sobre as possibilidades.* (SME SP, 2019c, p.52, grifo nosso).

A dimensão de credibilidade *Instrumentação e práticas experimentais* está representada nas atividades analisadas com temas pouco comuns na educação básica, como o uso de organismos modelo e a ética na experimentação com seres vivos (Melgaço, 2015; Bravo, 2008). Os trechos a seguir, retirados de atividades de oitavo (08_SD7_A04) e nono (09_SD6_A02) anos, respectivamente, demonstram como os cadernos apontam caminhos para explorar essa dimensão:

> [Comentários para o(a) professor(a)] *Sobre experimentação animal: há um importante gancho nessa questão para se trabalhar a ideia de experimentação humana e com outros animais, sua importância, implicações, contradições e conduta ética. Explique que, no Brasil, qualquer experimentação com animais (inclusive humanos) deve ser submetida e aprovada por comitês de ética locais e/ou nacionais* (...). (SME SP, 2019h, p.252, grifo nosso).

> [Versão do(da) estudante] *Morgan e pesquisadores colaboradores investigaram minuciosamente gerações e gerações dessas moscas (...).* [Comentários para o(a) professor(a)] *A busca por bons modelos de pesquisa é de fundamental importância na ciência. (...) Sobre pesquisa com seres humanos: Atualmente, toda pesquisa com seres humanos deve seguir rígidos protocolos éticos para proteger o participante de qualquer risco que a pesquisa possa causar. Mesmo em pesquisas que utilizam modelos animais, a análise do comitê de ética avalia a necessidade e relevância da pesquisa e os métodos utilizados, para que não haja sofrimento animal.* (SME SP, 2019g, p.201-203, grifo nosso).

De forma geral, temas relacionados às dimensões que versam sobre a natureza empírica, analítica e inferencial da ciência foram as que apresentaram o maior número de ocorrências. Tal resultado dialoga com trabalhos anteriores, realizados com outros materiais didáticos e em outros países (e.g. Akerson et al.,

2011; Summers & Abd-El-Khalick, 2018). Embora temas relacionados às dimensões que versam sobre a natureza humana e contextualizada do conhecimento científico tenham aparecido com menos frequência, a presença da dimensão *Interações entre os cientistas* pode ser destacada, visto que vai na contramão de uma visão individualista da produção do conhecimento bastante comum entre professores de ciências (Gil-Pérez et al., 2001).

De volta aos dados sintetizados na Figura 4.2, observa-se que o pilar de **Ensino Contextualizado** apresentou um decréscimo ao longo dos ciclos de aprendizagem e bastante variação dentro deles. A análise das atividades do ciclo de Alfabetização resultou em uma média de 2,89±0,32 (de no máximo 3) para esse pilar. A maior parte das atividades desse ciclo foram consideradas altamente contextualizadas, por incorporarem atividades com características de contextualização primária, como atividades práticas e investigativas – por exemplo experimentos e observações sistematizadas de fenômenos e processos – como mostra o trecho a seguir, retirado de uma atividade do primeiro ano (01_SD3_A04) e que consiste em investigar, por vários dias, microrganismos em um meio de cultura:

> [Versão do(da) estudante] *Vamos investigar? Para realizar essa investigação, vamos utilizar uma estratégia muito adotada por cientistas que estudam os microrganismos: cultivá-los! A ideia é simples: um único microrganismo é invisível ao olho do ser humano, mas muitos deles juntos podem ser vistos sem o uso de equipamentos com lentes de aumento, como lupas e microscópios.* (...). (SME SP, 2019a, p.71, grifo nosso).

De fato, esse tipo de contextualização tem sido reconhecido por seus méritos quanto à aprendizagem sobre a ciência, todavia, por ainda não ser uma abordagem comum em aulas de ciências, mais orientações para professores podem ser necessárias nos currículos apresentados a eles (Allchin, Andersen & Nielsen, 2014). Com relação ao aprendizado sobre as dimensões de credibilidade da ciência, considera-se que envolver os(as) estudantes em uma investigação pode ser uma abordagem bem sucedida quando eles(elas) lidam com dados de diferentes fontes, incluindo dados coletados ou irregulares (Zeidler et al., 2002). Esse tipo de experiência pode ser proporcionado em atividades investigativas como a descrita anteriormente.

No ciclo Interdisciplinar, as atividades do pilar de Ensino Contextualizado pontuaram em média 2,29±0,86, apresentando uma média ligeiramente menor, mas um desvio maior do que o do ciclo de Alfabetização (Figura 4.2). Nesse ciclo, a inclusão de atividades com contextualização secundária (pontuando entre 1 e 2 no

pilar da MAPEA-NdC), como o uso de casos históricos, foi mais representativa. O trecho a seguir, retirado de uma atividade do quarto ano (04_SD2_A04), traz um recorte de uma atividade baseada em um experimento que está descrito e ilustrado no material do(da) estudante, mas que não será executado por eles(elas):

> [Versão do(da) estudante] *3) Inspirado pelo químico Wilbur Olin Atwater, um experimento foi feito para comparar a quantidade de energia liberada por diferentes alimentos. Em um tubo "A", um volume de água foi aquecido por um amendoim pegando fogo. O mesmo ocorreu com um outro volume de água colocado em um tubo "B" e aquecido por uma batata chips. Nos dois tubos, a temperatura da água foi medida no início do experimento e ao final dele.* (SME SP, 2019d, p.57, grifo nosso)

A inclusão da história e da filosofia da ciência em materiais de Ciências Naturais tem sido apontada como essencial para a promoção de uma educação científica crítica e transformadora. Segundo Prestes e Silva (2018), o emprego dessas disciplinas metacientíficas no ensino de ciências ilumina conceitos científicos e aspectos envolvidos no empreendimento científico, o que contribui para aproximar professores e estudantes de uma visão de ciência que a considere a sua natureza humana, complexa e temporária. Ao revisar doze estudos sobre o tema, Deng et al. (2011) relataram que a história da ciência pode ser um importante veículo para o aprendizado *sobre* a ciência. Apesar disso, a escolha e a elaboração de casos ou episódios históricos é um desafio que pode impactar a forma como a natureza do empreendimento científico é trabalhada. Certos aspectos podem ser mais dificilmente trabalhados do que outros; alguns podem, inclusive, reforçar visões estereotipadas da ciência e nem sempre os(as) estudantes conseguem transpor os conhecimentos sobre a ciência vistos nesses casos para outras situações (Rudge et al., 2013).

A análise do pilar do **Ensino Explícito** aponta para uma tendência de redução ao longo dos ciclos de aprendizagem (Figura 4.2). As médias das atividades nesse pilar variaram bastante entre os ciclos, sobretudo por conta do grande número de atividades que não apresentaram evidências de que pudessem promover um ensino explícito da natureza da ciência segundo os parâmetros da MAPEA-NdC e, por isso, pontuaram 0 (zero).

O ciclo Autoral foi o que apresentou a maior média e o maior desvio na análise desse pilar. O valor da média desse ciclo (1,21±1,25) é um reflexo do grande número de atividades com ensino predominantemente implícito. Apesar dessa ampla variação, há atividades que se destacam por apresentarem informações

explícitas tanto nos cadernos para os(as) estudantes quanto um detalhamento no material para o(a) professor(a). Exemplos como esses vão na contramão do que a literatura tem apontado (materiais para professores majoritariamente pautados no ensino implícito sobre a natureza da ciência) e, por isso, podem contribuir para as discussões sobre como incorporar a natureza da ciência explicitamente em materiais didáticos.

Os trechos a seguir foram tirados de atividades do nono ano (09_SD2_A05 e 09_SD3_A02) e ilustram como o ensino explícito de diferentes aspectos da natureza da ciência foi incorporado em textos para estudantes e detalhado juntamente com sugestões de encaminhamento em comentários para o(a) professor(a):

> [Comentários para o(a) professor(a)] *O objetivo dessa questão não é comparar epistemologicamente os estatutos atribuídos. Em sentido filosófico, as explicações ligadas às crenças e religiões estão no campo da moral e da ética e fazem parte do modo de vida das sociedades como parte constitutiva. Por outro lado, as explicações científicas estão no campo da epistemologia, visam a construção de um conhecimento, mesmo que provisório sobre o mundo e sua operação. É importante realizar essa distinção, dado que assim eles não estão no mesmo modo de atuação diante dos humanos. Portanto é perfeitamente normal um católico cosmólogo, um muçulmano geneticista, etc.* (SME SP, 2019g, p.67, grifo nosso).

> [Versão do(da) estudante] *Note que essa argumentação está pautada na elaboração de afirmações e ideias que se baseiam na observação de fatos de maneira não sistematizada, ou seja, naquela época, não se costumava observar por um longo período de tempo, fazer registros organizados e também não se conhecia a existência de seres microscópicos e nem dos mecanismos envolvidos na reprodução. Sistematize algumas propostas em lousa e informe que, mais adiante, farão um experimento para discutir esse tema. É interessante mostrar a complexidade desta questão para os(as) estudantes. Não somente o método escolhido é importante para pesquisadores coletarem evidências, mas as ideias disponíveis e crenças dos(as) pesquisadores(as) na época. Até para se construir o método de investigação, os conhecimentos anteriores e crenças tem seu papel, afinal, os métodos buscam mostrar ou coletar evidências em favor ou contra uma ideia. (...) Peça para que façam observações diárias. Isso reforça que a ciência demanda trabalho, tempo, precisão, organização e rotina.* (SME SP, 2019g, pp.77-79, grifo nosso).

Segundo Khishfe e Abd-El-Khalick (2002), o ensino implícito da natureza da ciência supõe que ao fazer ciência escolar por meio de atividades práticas orientadas para a investigação e que mobilizam habilidades do processo científico, os (as) estudantes compreenderão os aspectos de natureza da ciência. De forma geral, a literatura considera como ensino explícito aquele em que as questões relativas aos conhecimentos *sobre* a ciência são incorporadas integralmente em atividades e

discussões como um resultado do planejamento pedagógico. Nessa perspectiva, privilegia-se o ensino explícito ao invés de deixar que os estudantes construam relações sozinhos por meio de discussões que apenas tangenciam as atividades da sala de aula (Rudge & Howe, 2009).

Considerando as evidências relatadas na literatura nacional e internacional que apontam para a importância de um ensino explícito da natureza da ciência, seria esperado que tanto os materiais do(da) estudante quanto os materiais do(da) professor(a) incorporassem de forma mais expressiva características de um ensino explícito. Para Brunner e Abd-El-Khalick (2017), materiais com instruções para professores sobre como abordar a natureza da ciência na sala de aula ajudam a conduzir discussões e dão elementos para que destaquem aspectos de natureza da ciência sem propagar visões pouco informadas da ciência.

Roblin e colaboradores (2018) apontaram a importância de materiais didáticos para professores com instruções detalhadas sobre a implementação de atividades. No trabalho deles, não apenas o desempenho de professores ao aplicar as atividades foi melhor, como também a aprendizagem dos(das) estudantes melhorou. Resultados como esses apontam caminhos que poderiam ser considerados de forma mais intencional para a produção de materiais didáticos de ciências futuros.

Seguindo o protocolo de análise, o pilar do **Ensino Reflexivo** foi o último a ser analisado. O pilar foi o que apresentou, em geral, as menores médias. Essa tendência, captada pela matriz de análise, corrobora o que a literatura tem apontado sobre a escassez de atividades explícitas e reflexivas ao trabalhar a natureza da ciência em sala de aula (Khishfe, 2013). As atividades do ciclo de Alfabetização praticamente não apresentaram evidências de ensino reflexivo. Mas, como já apontado (Figura 4.2), o material apresentou uma tendência progressiva de incorporar o ensino reflexivo.

O trecho apresentado adiante foi retirado de uma atividade do ciclo Interdisciplinar (04_SD4_A02). A proposta da atividade é que os(as) estudantes discutam a respeito de pontos a serem considerados para testar hipóteses sobre o que afeta a velocidade de um foguete, realizando um experimento e usando materiais indicados. Antes de executarem o experimento, a atividade propõe que os(as) estudantes reflitam sobre a questão de investigação, o planejamento do experimento, as hipóteses e as explicações possíveis para o que será observado. As reflexões são retomadas após a execução do experimento realizado em grupos. A atividade possibilita explorar as dimensões de credibilidade *Observação e raciocínio*

e *Métodos de investigação* (trabalhadas em uma atividade com contextualização primária) e apresenta, nos comentários para o(a) professor(a), diferentes possibilidades de encaminhamento. Como exemplo, temos, então, um destaque dado ao trabalho em grupos e como ele pode oferecer oportunidades para reflexão sobre aspectos e conceitos explorados na atividade:

> [Comentários para o(a) professor(a)] *(...) avalie a possibilidade de formar novos grupos provisórios entre estudantes de diferentes grupos. Peça que contem, aos novos colegas, o que responderam para a questão 1. Nesse momento, as outras crianças podem fazer alguma sugestão. Além disso, ao ouvir o relato dos(as) colegas, é possível que o(a) estudante perceba problemas de seu próprio planejamento. Essa é uma forma interessante para as crianças melhorarem sua produção (...).* (SME SP, 2019d, p.107, grifo nosso).

Uma possível explicação para a tendência geral identificada nesta análise (diminuição do ensino contextualizado e aumento do ensino explícito e reflexivo) é que pode haver um aumento no nível de abstração das atividades conforme aumenta o ano escolar. Apesar disso, as atividades variaram bastante dentro dos ciclos de aprendizagem, com muitas atividades pontuando pouco dentro dos pilares e poucas atividades pontuando muito. Um aspecto limitante e significativo a ser considerado nessa generalização é o número de atividades analisadas.

Pelo protocolo de análise da MAPEA-NdC[3], apenas as atividades que declararam que um dos objetivos de ensino era trabalhar a natureza da ciência foram consideradas. Assim, é possível que os Cadernos tragam temas relacionados à natureza da ciência em outras das 270 atividades que não foram analisadas, pois se enquadravam nos critérios de exclusão do protocolo de análise. Em suma, outros protocolos de análise poderiam resultar em dados diferentes dos apresentados aqui, pois não podemos desconsiderar que os resultados de uma pesquisa são também artefatos das ferramentas analíticas empregadas. Assim, entendemos que recortes de investigação distintos podem ser interessantes para esse conjunto de dados. Um olhar para os estilos e gêneros textuais (como realizado em Vilanova, 2015), por exemplo, poderia evidenciar outras características marcantes desses materiais.

Para exemplificar isso, podemos considerar algumas das **atividades que não foram analisadas pela MAPEA-NdC**[4] e foram eventualmente

---

[3] Declarar explicitamente no material para o professor que um dos objetivos da unidade/atividade é trabalhar natureza da ciência.

[4] Não foram analisadas neste trabalho porque não declaram explicitamente no material para o professor que um dos objetivos da unidade/atividade é trabalhar natureza da ciência.

identificadas durante análises exploratórias operacionalizadas no IRAMUTEQ (Capítulo 3). Uma delas (02_SD3_A05), por exemplo, envolve temas relacionados às dimensões de credibilidade *Observação e raciocínio* e *Métodos de investigação* e apresenta explicitamente comentários sobre essas dimensões para o(a) professor(a):

> [Comentários para o(a) professor(a)] *Oriente as crianças a observarem o desenho que fizeram, anteriormente, de suas hipóteses (...) e a comparar com o que de fato aconteceu. Esse é um procedimento fundamental do pensamento científico e é importante que as crianças o vivenciem. (...) Embora isso possa causar alguma confusão entre as crianças, é importante notar que resultados diferentes do esperado acontecem com frequência em um experimento científico. Em vez de afirmar que "deu errado", deixe que os(as) estudantes registrem o que de fato aconteceu e que procurem explicações para o acontecimento (...). Pensar sobre resultados inesperados também é relevante em ciências; de fato, esse tipo de "erro" está na raiz de muitas descobertas científicas importantes.* (SME SP, 2019b, p.73, grifo nosso).

Ainda, várias atividades (e.g. 06_SD1_A05, 06_SD1_A06, 06_SD3_A04, 06_SD3_A05, 08_SD5_A06) incluem a contextualização secundária por meio do uso de episódios históricos, trazendo trechos explícitos sobre a natureza da ciência no próprio material do(da) estudante e sugestões de encaminhamento de discussões com a turma para o(a) professor(a). Os exemplos a seguir trazem fragmentos com temas relacionados a dimensões de credibilidade pouco comuns nos Cadernos, *Instrumentação e práticas experimentais*, *História e criatividade* e *Interações sociais entre cientistas,* respectivamente:

> [Comentários para o(a) professor(a)] *Professor, discuta com os(as) estudantes que grande parte da ciência está calcada na comprovação empírica das teorias. No caso de Wegener, em função da dificuldade de observar os movimentos das placas tectônicas da Terra, principalmente devido ao tempo em que acontecem e à falta de instrumentos específicos para comprovar suas hipóteses, a comunidade científica descreditou sua teoria.* (SME SP, 2019f, p.41, grifo nosso).

> [Versão do(da) estudante] *A partir do desenvolvimento das primeiras máquinas, muitas pessoas começaram a aperfeiçoar, ou propor soluções para aperfeiçoar os mecanismos das máquinas anteriores, ou mesmo criar protótipos com o propósito de ter máquinas cada vez mais potentes, ou seja, que gastem menos combustível e realizem mais trabalho.* (SME SP, 2019h, p.187, grifo nosso).

> [Comentários para o(a) professor(a)] *Será interessante chamar a atenção para o aspecto colaborativo da Ciência e o fato de que o compartilhamento de informações é fundamental para a resolução de problemas.* (SME SP, 2019i, p.118, grifo nosso).

Também fora das análises que seguiram o protocolo da MAPEA-NdC, identificou-se um trecho cuja representação de cientista se enquadra nas visões equivocadas de ciência (Gil-Perez et al., 2001), pois aponta a genialidade de um cientista:

> [Versão do(da) estudante] Gênio de primeira grandeza, o cientista alemão Alfred Wegener (1880-1930) descobriu que todos os continentes do mundo estiveram unidos, há mais de 200 milhões de anos, em somente um supercontinente, chamado por ele de Pangeia (...). Wegener, de repente, transformou-se num gênio visionário. (SME SP, 2019f, pp.38-39, grifo nosso).

Apesar de ser uma ocorrência pontual, ela não é desejável, pois pode reforçar visões pouco informadas sobre a ciência já enraizadas nos(nas) estudantes. Além disso, o material para o(a) professor(a) nem sempre traz instruções para ajudar a discutir aspectos como esse. De fato, temas associados à dimensão de credibilidade *Contexto humano*, que envolve os espectros das personalidades humanas e das motivações para fazer ciência, foram praticamente inexistentes nos materiais analisados (Figura 4.3).

A visão de cientista como um gênio isolado, que trabalha sozinho, é uma das visões equivocadas de ciência que se tem buscado combater (Gil-Pérez et al., 2001), seja porque distancia os(as) estudantes das ciências, seja porque transmite a ideia de que a ciência é uma atividade dominada por um grupo minoritário. O reconhecimento de cientistas como humanos, passíveis de erros e que estão sujeitos a múltiplos fatores sociais é uma das preocupações do ensino sobre a ciência (Moreira & Ostermann, 1993) e que está expressa tanto nos documentos analisados nesta tese, como em documentos curriculares brasileiros anteriores, como é o caso dos PCNs, conforme apontado em trabalhos nacionais anteriores (e.g. Guttmann & Braga, 2015; Oki & Moradillo, 2008; Pino, Ostermann & Moreira, 2004).

Assim como foi relatado acima, os dados trazidos neste capítulo também dialogam com resultados de pesquisas com materiais didáticos realizadas em outros contextos (e.g. Park, Yang & Song, 2019). Summers e Abd-El-Khalick (2019) analisaram materiais estadunidenses elaborados com base no currículo prescrito nacional (NGSS) e relataram que mais de 60% dos materiais abordam a natureza da ciência de forma estereotipada e implícita. Em livro dedicado especialmente à presença e à forma da natureza da ciência em livros didáticos de diferentes nacionalidades, McDonald e Abd-El-Khalick (2017) destacam o papel que esses materiais curriculares possuem na prática docente e para as aulas de ciências. Os dados de pesquisa trazidos no livro são consistentes quanto à sub-representação da

natureza da ciência nos materiais de ciências de todas as nacionalidades analisadas na obra (África do Sul, Alemanha, Austrália, Beirute, Canadá, Estados Unidos da América, Grécia e Líbano), de todas as disciplinas curriculares e de todos os níveis de ensino.

Com o **conjunto de dados discutidos neste capítulo**, temos indícios de que a natureza da ciência aparece de diferentes formas no currículo apresentado aos professores. Ao longo dos cadernos dos três ciclos de aprendizagem do ensino fundamental, são apresentadas múltiplas oportunidades para explorar dimensões de credibilidade da ciência. Dentre as onze dimensões, temas relacionados a quatro delas (*Observação e raciocínio*, *Métodos de investigação*, *História e criatividade* e *Interações sociais entre cientistas*) aparecem de forma mais pronunciada ao longo dos ciclos de aprendizagem.

Identificou-se um mosaico com temas relacionados às dimensões de credibilidade da ciência durante os ciclos de aprendizagem, sem que haja, necessariamente, uma progressão. Há uma tendência nas atividades em privilegiar o ensino contextualizado, porém ainda majoritariamente implícito e pouco reflexivo. Esse dado é fundamental para responder *como* a natureza da ciência aparece no currículo apresentado aos professores, pois as diversas formas de ensino (explícito, implícito, reflexivo, com contextualização primária, com contextualização secundária etc.) também comunicam possibilidades e intencionalidades, podendo contribuir tanto para reforçar visões pouco informadas sobre a produção do conhecimento científico quanto para favorecer a construção de visões mais bem informadas.

Temos ressaltado que a literatura específica sobre o tema assinala que oportunizar o ensino contextualizado pode ajudar a desenvolver habilidades que colaborem para compreender os diferentes aspectos da natureza da ciência. Por incorporarem deliberadamente o ensino de ciências por investigação como abordagem, o ensino contextualizado é marcadamente um ponto forte dos das atividades analisadas pela MAPEA-NdC. Apesar disso, o material para o(a) professor(a) pode não dar conta de estabelecer conexões claras sobre como eles(elas) podem se aprofundar em questões relativas à natureza do empreendimento científico e favorecer a construção de compreensões mais bem informadas sobre a ciência. O trecho a seguir, retirado de uma atividade do ciclo Interdisciplinar (06_SD1_A02), é um dos poucos presentes no material que caminham nessa direção:

> [Comentários para o(a) professor(a)] *O professor pode registrar na lousa as opiniões e o consenso dos(as) estudantes. Prossiga com a atividade discutindo formas indiretas de descobrir sobre o interior da Terra. Você pode revelar o mistério em seguida ou em qualquer outro momento que achar conveniente da sequência. Não revelar o mistério pode ser interessante para discutir tempo e produção de conhecimento científico (...).* (SME SP, 2019f, p.18, grifo nosso).

Assim, embora as análises tenham registrado comentários e sugestões de encaminhamento para o(a) professor(a), o grande número de atividades pautadas no ensino implícito (Figura 4.2.) pode trazer desafios adicionais para educadores que não tiveram, em sua formação, discussões sobre como abordar a natureza da ciência, visto que o material não dá conta de explorar essas questões.

Para identificar relações dos *currículos prescritos* entre si e com o *currículo apresentado aos professores*, foram considerados trechos do texto de apresentação contido em todos os volumes dos *Cadernos da Cidade*, o qual explicita intencionalidades presentes no documento, como exemplificado no fragmento a seguir:

> (...) *as propostas dos Cadernos da Cidade buscam criar situações para o exercício das práticas científicas em sala de aula. Oferecer às crianças a oportunidade de transformar suas curiosidades em ações de investigação, de identificar e classificar informações e construir relações com base em observações e hipóteses pode contribuir para a construção da liberdade intelectual dos e das estudantes, assim como possibilitar, desde o Ciclo de Alfabetização, o desenvolvimento de uma compreensão sobre os processos pelos quais o conhecimento científico é construído.* (SME SP, 2019c, p.8, grifo nosso).

Como esse excerto ilustra, temas relacionados às dimensões de credibilidade da ciência *Interações sociais entre cientistas* e *Observação e raciocínio* foram mais frequentes nas atividades do *currículo apresentado aos professores* do que nas outras dimensões curriculares analisadas: a Base Nacional Comum Curricular de Ciências da Natureza e o Currículo da Cidade de São Paulo. Esse dado sugere que, ainda que existam similaridades entre esses três documentos (como é possível observar comparando a Figura 4.4. com os resultados apresentados no Capítulo 3), cada dimensão curricular analisada apresenta particularidades relevantes: a BNCC enquanto documento nacional prescritivo, o Currículo da Cidade de São Paulo como documento também prescritivo, mas de nível local, incorporando questões próprias do sistema público municipal paulistano, e os Cadernos da Cidade com uma ênfase maior na "tradução" do currículo para a realidade da sala de aula – e que será,

posteriormente, modelado pelos professores, já em uma outra dimensão curricular (Gimeno-Sacristán, 2017).

Ao usar uma matriz construída com base nos pressupostos das pesquisas sobre o ensino sobre a ciência, foi possível ter um panorama de como uma atividade, cujo planejamento foi registrado por escrito, é vista sob a perspectiva da presença da natureza da ciência, do ensino explícito, do ensino contextualizado e do ensino reflexivo. Com esse diagnóstico, pode-se incorporar, de forma mais informada, estratégias, abordagens e recursos didáticos que contribuam para enriquecer as oportunidades de aprendizado das(dos) estudantes sobre como a ciência funciona.

Identificamos que, por um lado temos o *currículo apresentado aos professores* trazendo múltiplas oportunidades para explorar a dimensão de credibilidade da ciência *Observação e raciocínio*, que também foi a mais representativa segundo as análises conduzidas nos textos da Base e do Currículo da Cidade de São Paulo. Em contrapartida, os resultados das análises realizadas sugerem que o nível curricular que é apresentado aos professores pelas atividades amplia as possibilidades de explorar as *Interações sociais entre cientistas*, dimensão de credibilidade da ciência que não esteve presente nas dimensões curriculares prescritivas, nacional e local (Capítulo 3). Além disso, o currículo apresentado aos professores pode ampliar as oportunidades de ensino sobre a natureza da ciência por privilegiar um ensino contextualizado.

O ensino implícito e pouco reflexivo, identificado em grande parte das atividades analisadas, representa um ponto de preocupação segundo a literatura da área. Muitos trabalhos têm sinalizado considerações quanto a delegar apenas ao(à) professor(a) a responsabilidade de transformar atividades predominantemente implícitas para trabalhar conhecimentos sobre a ciência. Ainda que consideremos os(a) professores(as) como agentes ativos e críticos individual e coletivamente, trabalhos anteriores já apontaram que eles(elas) podem não ter visões bem informadas sobre a ciência (e.g. Lederman, 2007; Capps & Crawford, 2013; Bell et al., 2016; Azevedo & Scarpa, 2017).

Pesquisas como as de Lederman e Abd-El-Khalick 1998, Oliveira e colaboradores (2012) e Windschitl e colaboradores 2018, sugerem que comentários sobre as respostas dos estudantes e informações complementares sobre a realização de atividades precisam estar presentes em materiais destinados a promover um discurso reflexivo sobre a natureza da ciência. Assim, como raramente os materiais de ciências incluem o empreendimento científico como um objetivo de ensino, a falta de informações que possam auxiliar a condução de atividades didáticas com

potencial para fomentar aspectos de natureza da ciência assinala pontos passíveis de melhoria para elaboração de materiais futuros, especialmente em contextos de atualização curricular que podem ser vistos com apreensão pelos(a) professores(as) (como apontado na discussão final do Capítulo 3).

# CAPÍTULO 5
## Considerações finais

Os discursos acadêmico e educacional sobre a importância da compreensão da natureza da ciência como um objetivo primordial para a educação científica tem ganhado força nas últimas décadas. O argumento central está pautado na ideia de que os conhecimentos *sobre* a ciência são necessários para as práticas que sustentam o mundo moderno. Assim, considera-se crucial que os(as) estudantes envolvam-se em práticas científicas, mas que também saibam, sobretudo, incorporar e compreender os princípios e os processos científicos que regem o funcionamento da ciência (Berland et al., 2016; Duschl, Schweingruber, & Shouse, 2007). Porém, alcançar um entendimento bem informado sobre as complexidades da natureza da ciência permanece um esforço árduo para professores(as) com diferentes níveis de formação e estudantes da educação básica e de diferentes áreas do conhecimento (Smith & Scharmann, 2008). Pesquisas apontam que mesmo professores(as) com maior entendimento sobre a natureza da ciência encontram dificuldades para o incorporar em suas práticas docentes (Bell, Mulvey, & Maeng, 2016).

Igualmente desafiador tem sido conceber materiais didáticos e instruções que apoiem o ensino e a aprendizagem sobre a natureza da ciência. A literatura sobre o tema tem sido marcada por desacordos e um frutífero debate filosófico, mas que nem sempre aborda em profundidade questões pedagógicas relacionadas à produção e ao uso de materiais adotados como apoio por professores(as) em aulas de ciências. Assim, o desafio para incorporar a natureza da ciência em sala de aula pode estar associado não apenas à dificuldade para reconhecer como o tema se encaixa e/ou dialoga com conteúdos conceituais tradicionalmente incluídos nos currículos e nas avaliações em larga escala (Southerland, Gess-Newsome, & Johnston, 2003), mas também à falta de materiais didáticos que contribuam para o trabalho docente de ensinar sobre ciência.

Frente a esse diagnóstico, acreditamos que a **identificação e a organização de referenciais** com suporte na literatura quanto a metodologias (como Ensino de Ciências por Investigação, Abordagem CTS, etc.) e estratégias (como uso de casos, História e Filosofia da Ciência, filmes, jogos didáticos, etc.) relacionadas ao ensino sobre a natureza da ciência, como a delineada neste trabalho, representam um esforço significativo para área. Entendemos que tais ações podem ser vistas como um avanço na direção de oferecer ferramentas que possam aprimorar a escolha de materiais didáticos e o trabalho docente quanto à temática. Assim,

buscamos sistematizar ideias e conceitos alicerçados em consensos na área de ensino de ciências, a fim de contribuir para o refinamento de metodologias e estratégias instrucionais consideradas eficazes no ensino sobre natureza da ciência na educação básica.

**Contribuições metodológicas**

Com o uso de **ferramentas analíticas** e técnicas de estatística textual ainda pouco comuns na pesquisa em ensino de ciências, como as análises de rede epistêmica e de similitude, foi possível, além de detalhar a tradicional abordagem baseada em codificação e contagem de frequências, também modelar a estrutura de conexões entre temas relacionados às dimensões de credibilidade da ciência, o que representa um ganho metodológico potencial para a área.

**Desdobramentos futuros** desse tipo de análise para os estudos sobre o ensino e a aprendizagem *sobre* a natureza da ciência podem incorporar a análise de redes modeladas com dados oriundos das interações de sala de aula resultantes de aplicações das atividades aqui analisadas. A comparação entre essas redes epistêmicas modeladas com base nas interações de estudantes em diferentes contextos escolares pode trazer esclarecimentos sobre as diferentes dimensões do currículo em processo (Gimeno-Sacristán, 2017).

A discussão proposta (sobre a natureza da ciência em dimensões do currículo) é ainda uma novidade para as pesquisas sobre o ensino de natureza da ciência e, também por isso, entendemos que as estratégias de análise aqui empregadas podem contribuir tanto para enriquecer os debates sobre o ensino de natureza da ciência, quanto os estudos sobre planejamento curricular de ciências. Ao contrastar a forma como a natureza da ciência aparece nas diferentes dimensões do currículo, este estudo traz mais elementos para o debate sobre como currículos podem abordar natureza da ciência de forma coerente.

**Considerações sobre a natureza da ciência no currículo prescrito**

Os resultados encontrados nesta tese também podem ser uma importante **fonte de informação** para o aperfeiçoamento de programas de formação e, sobretudo, para a produção de materiais curriculares produzidos sob a perspectiva da alfabetização científica. Entendemos que qualquer iniciativa para uma educação científica requer efetivamente trabalhar os conhecimentos *sobre* a ciência, particularmente as múltiplas dimensões de credibilidade da ciência para a tomada de decisões em nível individual e coletivo. A Base Nacional Comum Curricular de

Ciências da Natureza adotada no Brasil, a partir da qual foram construídos o Currículo da Cidade de São Paulo e, consecutivamente, os Cadernos da Cidade – Saberes e Aprendizagens, apresenta avanços e limitações nesse sentido.

A BNCC tem sido amplamente discutida na literatura. Franco e Munford (2018) sumarizaram esse debate, a partir de estudos prévios desenvolvidos por outros autores, identificando duas correntes principais: uma favorável, constituída principalmente por representantes empresariais e governamentais que viram a BNCC como uma ferramenta para assegurar um patamar mínimo de qualidade para o ensino no país; outra contrária, formada por entidades como associações de natureza acadêmica que a identificam como um instrumento de uniformização e controle; e entre esses dois polos uma ampla gama de posicionamentos mais ou menos favoráveis à iniciativa.

Para os autores, essa disputa tornou-se mais visível conforme se sucederam as diferentes versões do documento. Enquanto a segunda versão trazia sete Direitos de Aprendizagem e Desenvolvimento, por exemplo, a terceira e última versão apresentava dez Competências Gerais comuns a toda a Educação Básica, o que aponta "forte concepção de educação enquanto performatividade e não como direito", favorecendo, por sua vez, a "emergência de um mercado da educação" (Franco & Munford, 2018, p.166).

A literatura indica que esse fenômeno não é exclusivo do Brasil, mas reflete influências internacionais. Entre elas, conforme Sipavicius e Sessa (2019), destaca-se a exercida pelo Programa de Avaliação Internacional Estudantil (conhecido pela sigla em inglês, PISA), conduzido pela OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico). Segundo os autores, esse exame, que visa comparar as habilidades em matemática, ciências e leitura de estudantes secundários de diferentes países, fomenta entre os países participantes crenças e valores associados ao neoliberalismo, enquanto negligencia aspectos culturais locais.

No caso da BNCC, para além do "poder brando" desempenhado pelo PISA sobre países-membros da OCDE, como o Brasil, ela recebeu ainda influências internacionais diretas:

> Como outros campos da educação e das Ciências Naturais, o campo da educação em ciências é particularmente influenciado pelo cenário internacional da pesquisa. Nesse processo, há instituições e perspectivas que são mais hegemônicas, em particular de países como Estados Unidos, Grã-Bretanha e Austrália. Apesar de, no campo acadêmico, estar consolidada a ideia de que o simples "transporte de ideias prontas" desses países ser algo considerado impossível e inadequado (Moreira, 2009), esse discurso ainda permeia a elaboração de documentos curriculares. Em

> relação à BNCC, o currículo australiano foi apresentado como um modelo e o próprio documento brasileiro foi avaliado por pesquisadores internacionais desses países, cujos pareceres compuseram parte do processo de reformulação da 2ª versão. (Munford, 2020, p.5, grifo nosso).

Franco e Munford (2018) apontaram também fragilidades decorrentes (i) do "aligeirado" processo de produção da Base e (ii) da preponderância de aspectos de gestão sobre aspectos pedagógicos na definição do documento. De acordo com os autores, diversas contribuições de especialistas colhidas nas consultas públicas realizadas pelo Ministério da Educação não tiveram impacto efetivo na versão homologada. A Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (Abrapec) e a equipe editorial do Caderno Brasileiro de Física, por exemplo, estiveram entre as vozes críticas a esse processo.

Entre as fragilidades identificadas pelos autores, estão a remoção dos eixos estruturantes do conhecimento científico, que foram elogiados por pesquisadores na primeira versão da BNCC; "o menor destaque dado a questões sociais que perpassam a proposta e uma interlocução menos visível com o cotidiano dos estudantes" e "uma organização fragmentada de conteúdos e norteada apenas pelo eixo conceitual", alterações da versão original interpretadas como uma espécie de retorno à proposta dos Parâmetros Curriculares Nacionais, indo na contramão das "propostas mais recentes acerca dos processos de ensino e de aprendizagem de ciências" (Franco & Munford, 2018, pp.163-164).

Na mesma linha, Antunes Júnior, Cavalcanti e Ostermann (2020), identificaram que a BNCC, apesar de seu discurso considerado atual, foi incapaz de "superar perspectivas curriculares tradicionais" (p.151). Para eles, a Base enfatiza as ciências biológicas em detrimento da física e da química, mantendo esse traço histórico do ensino de ciências da natureza no Brasil, e, sobretudo, reforça concepções ingênuas sobre a interação entre ciência, tecnologia e sociedade, pois não problematiza adequadamente a neutralidade científica.

A análise de Sipavicius e Sessa (2019) aponta na mesma direção. Para eles, o conceito de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente é tratado na Base de forma reducionista:

> Reducionismo que se manifesta tanto na ausência do embate entre as esferas populares e científicas no desenvolvimento científico socialmente significativo, como na pouca presença dos aspectos sociais na concepção de ambiente, com maior enfoque na preservação da flora e fauna e dos recursos naturais. (Sipavicius & Sessa, 2019, p.13).

Outra fragilidade do documento para os autores está na insuficiente descrição metodológica. Apesar de pressupor o ensino investigativo, com protagonismo discente, "pelo enorme montante de habilidades e competências bem como o papel passivo discente frente às unidades temáticas escolhidas pelos professores e pela gestão da escola" (p.10), o resultado acaba sendo um ensino tecnicista. Para Sipavicius & Sessa (2019), ainda que a Base requeira práticas argumentativas e experimentais, associadas ao ensino investigativo, sem melhor especificação e infraestrutura nas escolas o currículo proposto não tem como ser plenamente cumprido.

Tais lacunas são condizentes com os achados da presente tese, que demonstra haver **muitos espaços para melhorias** na BNCC e no Currículo da Cidade de São Paulo no que tange às aprendizagens e saberes sobre o empreendimento científico, em que pese terem apontado uma preocupação mais declarada com o aprendizado *sobre* ciência no comparativo com documentos curriculares prescritivos anteriores.

Com base no conjunto de dados aqui apresentados, sugere-se que os atores envolvidos na **elaboração de currículos** considerem contemplar, criteriosamente, a natureza da ciência, valorizando não apenas a inclusão de temas relacionados às dimensões de credibilidade da ciência, mas também apontando caminhos para que temas sobre a natureza da ciência estejam relacionados entre si e com os objetivos de ensino.

**Possibilidades futuras para a ferramenta construída nesta tese**

Diante dos contextos apresentados ao longo da tese, **uma das contribuições** dela foi a construção de uma matriz estruturada como um dispositivo para análise de materiais didáticos escritos, particularmente atividades e sequências didáticas de ciências, buscando identificar oportunidades para o ensino *sobre* a ciência.

Frente às particularidades dos gêneros textuais que compõem um material didático, a MAPEA-NdC pode colaborar na sistematização de um processo de diagnóstico de atividades, pois permite identificar possíveis espaços que podem ser explorados e ampliados para endereçar o ensino sobre a ciência. Com isso, almeja-se facilitar o reconhecimento de oportunidades para esse ensino presentes em materiais analisados e detectar possibilidades de adaptações e até reestruturações, tendo como base o que diz a literatura específica sobre o ensino de natureza da ciência.

À vista disso, a matriz proposta não constitui uma lista de checagem ou uma prescrição a ser seguida de forma rígida e estática, mas visa contribuir para a reflexão e a compreensão sobre o papel de cada um dos componentes de uma atividade didática estruturada, possibilitando por exemplo identificar aspectos a serem priorizados nos esforços de planejamento docente. A ideia é lançar luz sobre as oportunidades de ensinar *sobre* ciência presentes em atividades individuais ou dentro de sequências didáticas, visando contribuir para o trabalho didático-criativo de docentes e elaboradores(as) de materiais.

Por reconhecermos que uma matriz como a MAPEA-NdC constitui apenas uma entre muitas possibilidades para a análise de atividades e sequências didáticas, é importante pontuar que, mesmo que ela comunique uma *expectativa* com base no que a literatura sobre ensino e aprendizagem sobre a natureza da ciência considera fundamental, ela não tem a intenção de fornecer um veredicto sobre uma atividade, tampouco substituir reflexões e discussões que visem melhorias na produção e no uso de materiais didáticos.

Entende-se que ao propor uma matriz como a MAPEA-NdC e discutir suas possibilidades e limitações há **diferentes contribuições para a área da pesquisa e do ensino**, como: (i) a codificação e a publicação de métodos enriquece a possibilidade de gerar novas teorias para a área (Glaser & Strauss, 1967), (ii) a ferramenta pode ser expandida e adaptada para diferentes contextos de pesquisa, (iii) a matriz pode contribuir para a avaliação de materiais e planejamentos de aulas (Arter & McTigue, 2001), (iv) a matriz pode ser discutida em contextos de formação inicial e continuada de professores e (v) a matriz pode contribuir para reflexões sobre avaliação.

A literatura ressalta que o uso de rubricas pode melhorar as práticas docentes e auxiliar na qualidade de *feedbacks*, além de auxiliar processos de avaliação e a implementação de melhorias em programas de formação (Wolf & Stevens, 2007). Assim, considerando também o que a rica literatura especializada tem apontado como proeminente para o ensino sobre natureza da ciência nas últimas décadas e a relevância dos debates sobre como ensiná-la (perspectiva pedagógica), espera-se que a MAPEA-NdC possa ajudar a identificar e analisar, de forma integrada, tanto conteúdos *sobre* a natureza da ciência quanto as diferentes perspectivas didáticas que importam para seu ensino.

Em síntese, a MAPEA-NdC colabora para destacar as principais características almejadas ao trabalhar como a ciência funciona em atividades didáticas. Ela foi construída tendo por alicerce a literatura específica da área,

procurando identificar oportunidades para o ensino *sobre* a natureza da ciência, focando-se, incialmente, em pressupostos de pesquisa. Todavia, entende-se que, complementarmente, uma ferramenta como essa carrega também múltiplas possibilidades de reflexões sobre o planejamento e a prática pedagógicas. A matriz pode ser considerada como um guia inicial, mas não como uma ferramenta limitante ou fechada em si mesma. A ideia é que, a partir de um diagnóstico de atividades, seja possível identificar e construir novas relações entre os pilares que compõem a matriz e as outras dimensões da alfabetização científica. Dentre as potencialidades do uso da MAPEA-NdC, destacam-se (i) comparação entre atividades, (ii) discussões com base em um conjunto de parâmetros embasados na literatura específica, (iii) diagnóstico para evidenciar pontos a serem focados no planejamento de atividades, (iv) destaque dos potenciais das atividades, entre outras.

Por representar um esforço para conceber uma ferramenta suficientemente abrangente e precisa quanto ao que está posto na literatura, visando avaliar diversos tipos de atividades e tornar visíveis entendimentos até então imperceptíveis em atividades de ciências, considera-se que, **no campo da pesquisa**, ela possa contribuir para aprofundar os debates sobre elaboração e avaliação de currículos, particularmente o apresentado aos professores. **No campo das práticas de ensino**, considera-se que ela possa contribuir para o planejamento de atividades que visem ensinar *sobre* a natureza da ciência, seja esse planejamento conduzido por professores(as) em formação ou em atividade profissional. Consideramos, ainda, que, no contexto da formação de professores o uso de ferramentas como essa carece de uma implementação contextualizada, acompanhada de debates e reflexões que permitam aprofundar a discussão sobre suas potencialidades e limitações.

## REFERÊNCIAS[1]


Abd-El-Khalick, F. (2012). Examining the sources for our understandings about science: Enduring conflations and critical issues in research on nature of science in science education. *International Journal of Science Education*, 34(3), 353-374.

Abd-El-Khalick, F. (2013). Teaching with and about nature of science, and science teacher knowledge domains. *Science & Education*, 22(9), 2087–2107.

Abd-El-Khalick, F. (2014). The evolving landscape related to assessment of nature of science. In N. G. Lederman, & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 621–650). Mahwah: Lawrence Erlbaum.

Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science education*, 82(4), 417-436.

Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665-701.

Abd-El-Khalick, F., Waters, M., & Le, A. P. (2008). Representations of nature of science in high school chemistry textbooks over the past four decades. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(7), 835-855.

Acevedo Díaz, J. A., Vázquez-Alonso, A., Manassero-Mas, M. A., & Romero, P. A. (2007). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: Fundamentos de una investigación empírica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(1), 42–66.

Acevedo-Díaz, J. A., Vázquez-Alonso, A., Martín, M., Oliva, J. M., Romero, P. A., Paixão, M. F., & Manassero-Mas, M. A. (2005). Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana: Una revisión crítica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), 121-140.

Acevedo-Díaz, J. A., Vázquez-Alonso, A., Paixão, M. F., Acevedo, P., Oliva, J. M., & Manassero-Mas, M. A. (2005). Mitos da didática das ciências acerca dos motivos para incluir a natureza da ciência no ensino das ciências. *Ciência & Educação*, 11(1), 1-15.

Adúriz-Bravo, A. (2005a). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia: La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales* (No. Sirsi) i9789505576555).

Adúriz-Bravo, A. (2005b). ¿Qué naturaleza de la ciencia hemos de saber los profesores de ciencias?: Una cuestión actual de la investigación didáctica. *Tecné, Episteme y Didaxis*, N. extra: 23–33.


[1] De acordo com o estilo APA (*American Psychological Association*).

Aikenhead, G. S. (1994). What is STS science teaching? In J. Solomon, & G. Aikenhead. *STS Education: International Perspectives on Reform. Ways of Knowing Science Series* (pp. 47-59). Teachers College Press.

Aikenhead, G. S., & Jegede, O. J. (1999). Cross-cultural science education: A cognitive explanation of a cultural phenomenon. *Journal of research in science teaching*, 36(3), 269-287.

Akerson, V. L., Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). Influence of a reflective explicit activity-based approach on elementary teachers' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(4), 295–317.

Akerson, V. L., Cullen, T. A., & Hanson, D. L. (2009). Fostering a community of practice through a professional development program to improve elementary teachers views of nature of science and teaching practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 1090–1113.

Akerson, V. L., Weiland, I. S., Nargund-Joshi, V., & Pongsanon, K. (2014). Becoming an elementary teacher of nature of science: lessons learned for teaching elementary science. In *Science teacher educators as K-12 teachers* (pp. 71–87). Dordrecht: Springer.

Akerson, V. L., Weiland, I. S., Pongsanon, K., & Nargund, V. (2011). Evidence-based strategies for teaching nature of science to young children. *Journal of Kırşehir Education*, 11(4), 61–78.

Akindehin, F. (1988). Effect of an instructional package on preservice science teachers' understanding of the nature of science and acquisition of science-related attitudes. *Science Education*, 72, 73–82.

Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, *95*(3), 518-542.

Allchin, D. (2012). The Minnesota case study collection: New historical inquiry case studies for nature of science education. *Science & Education*, *21*(9), 1263-1281.

Allchin, D. (2013). Teaching the nature of science. *Perspectives and resources. St. Paul, MN: SHiPS Education Press.*

Allchin, D. (2017). Beyond the consensus view: Whole science. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 17(1), 18-26.

Allchin, D., Andersen, H. M., & Nielsen, K. (2014). Complementary approaches to teaching nature of science: integrating student inquiry, historical cases, and contemporary cases in classroom practice. *Science Education*, *98*(3), 461-486.

Allchin, D., & Zemplén, G. Á. (2020). Finding the place of argumentation in science education: Epistemics and Whole Science. *Science Education*, 104(5), 907-933.

Alters, B. J. (1997). Whose nature of science? *Journal of Research in Science Teaching*, 34(1), 39-55.

Alves, M., & Bego, A. M. (2020). A Celeuma em Torno da Temática do Planejamento Didático-Pedagógico: Definição e Caracterização de seus Elementos Constituintes. *Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências*, 20(u), 71–96.

Amador-Rodríguez, R. Y., & Adúriz-Bravo, A. (2018). Consensus and dissent around the concept of nature of science in the Ibero-American community of didactics of science. In M. E. B. Prestes, & C. C. Silva (Eds.). *Teaching Science with Context, Science: Philosophy, History and Education.* (pp. 31-47). Dordrecht: Springer.

Andersson-Bakken, E., Jegstad, K. M., & Bakken, J. (2020). Textbook tasks in the Norwegian school subject natural sciences: what views of science do they mediate? *International Journal of Science Education*, 42(8), 1320-1338.

Antunes Júnior, E. L. Q., Cavalcanti, C. J. D. H., & Ostermann, F. (2020). Base Nacional Comum Curricular, Ciências da Natureza nos anos finais do ensino fundamental e os mitos sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade. *Em aberto,* 33(107): 141-154.

Archer, A. L., & Hugues, C. A. (2011). *Explicit Instruction.* Effective and Efficient Teaching. Guilford Press.

Arter, J., & McTighe, J. (2001). *Scoring Rubrics in the Classroom.* Thousand Oaks, CA: Corwin Press.

Areepattamannil, S., Cairns, D., & Dickson, M. (2020). Teacher-directed versus inquiry-based science instruction: Investigating links to adolescent students' science dispositions across 66 countries. *Journal of Science Teacher Education*, 31(6), 675-704.

Auler, D. (2006). Ciência-Tecnologia-Sociedade: relações estabelecidas por professores de ciências. *Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencias*, 5(2).

Azevedo, N. H., & Corso, T. M. D. (2017). "A doença dos trabalhadores da estrada de ferro": uma narrativa histórica e suas potencialidades para explorar aspectos de natureza da ciência. *Cadernos De História Da Ciência*, 13(2), 19-53.

Azevedo, N. H., & Scarpa, D. L. (2017a). Revisão sistemática de trabalhos sobre concepções de natureza da ciência no ensino de ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 17, 579-619.

Azevedo, N. H., & Scarpa, D. L. (2017b). A large-scale survey on nature of science conceptions of the Brazilian biology undergraduates and the potentially associated education factors. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 19, 19:e2794.

Bardin, L. (2011). *Análise de Conteúdo.* Lisboa, Portugal: Edições 70.

Barnes, M. E., Maas, S. A., Roberts, J. A., & Brownell, S. E. (2021). Christianity as a Concealable Stigmatized Identity (CSI) among Biology Graduate Students. *CBE—Life Sciences Education*, 20(1), ar9.

Barnes, M. E., Truong, J. M., & Brownell, S. E. (2017). Experiences of Judeo-Christian Students in Undergraduate Biology. *CBE—Life Sciences Education*, 16(1), ar15.

Bartos, S. A., & Lederman, N. G. (2014). Teachers' knowledge structures for nature of science and scientific inquiry: conceptions and classroom practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(9), 1150–1184.

Bejarano, N. R. R., Aduriz-Bravo, A., & Bonfim, C. S. (2019). Natureza da Ciência (NOS): para além do consenso. *Ciência & Educação*, 25(4), 967-982.

Belens, A. J., & Porto, C. M. (2009). Ciência e tecnologia, uma abordagem histórica na sociedade da informação. In Porto, C. M. (org.). *Difusão e cultura científica: alguns recortes*. (pp. 23-43). Salvador: EDUFBA.

Bell, R. L., Blair, L., Crawford, B., & Lederman, N. G. (2003). Just do it? Impact of a science apprenticeship program on students' understanding of the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(5), 487–509.

Bell, R. L., & Lederman, N. G. (2003). Understandings of the nature of science and decision making on science and technology-based issues. *Science education*, 87(3), 352-377.

Bell, R. L., Matkins, J. J., & Gansneder, B. M. (2011). Impacts of contextual and explicit instruction on preservice elementary teachers' understandings of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(4), 414–436.

Bell, R. L., Mulvey, B. K., & Maeng, J. L. (2016). Outcomes of nature of science instruction along a context continuum: preservice secondary science teachers' conceptions and instructional intentions. *International Journal of Science Education*, 38(3), 493–520.

Bengtsson, M. (2016). How to plan and perform a qualitative study using content analysis. *Nursing Plus One*, 2, 8-14.

Berland, L. K., Schwarz, C. V., Krist, C., Kenyon, L., Lo, A. S., & Reiser, B. J. (2016). Epistemologies in practice: making scientific practices meaningful for students. *Journal of Research in Science Teaching,* 53(7), 1082–1112.

Billingsley, B., & Fraser, S. (2018). Towards an Understanding of Epistemic Insight: The Nature of Science in Real World Contexts and a Multidisciplinary Arena. *Research in Science Education*, 48(6), 1107-1113.

Bismack, A. S., Arias, A. M., Davis, E. A., & Palincsar, A. S. (2014). Connecting curriculum materials and teachers: Elementary science teachers' enactment of a reform-based curricular unit. *Journal of Science Teacher Education*, 25(4), 489-512.

Braund, M., & Reiss, M. (2006). Towards a more authentic science curriculum: The contribution of out-of-school learning. *International Journal of Science Education*, 28(12), 1373–1388.

Bravo, T. I. (2008). A consideração moral pelos animais: análise de livros didáticos de ciências da segunda série do ensino fundamental. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Brown, D. E., & Sadler, T. D. (2018). Conceptual framing and instructional enactment of the Next Generation Science Standards: A synthesis of the contributions to the special issue. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(7), 1101-1108.

Bruner, J. S. (1961). The act of discovery. *Harvard Educational Review*, 31(1), 21.

Brunner, J. L., & Abd-El-Khalick, F. (2017). Representations of nature of science in US elementary science trade books. In *Representations of nature of science in school science textbooks* (pp. 147–163). New York: Routledge.

Brunner, J. L., & Abd-El-Khalick, F. (2020). Improving nature of science instruction in elementary classes with modified science trade books and educative curriculum materials. *Journal of Research in Science Teaching*, 57(2), 154-183.

Bulte, A. M. W., Westbroek, H. B., de Jong, O., & Pilot, A. (2006). A research approach to designing chemistry education using authentic practices as contexts. *International Journal of Science Education*, 28, 1063–1086.

Burke, L. E. C. A., Wessels, A., & McAvella, A. (2018). Using Theater and Drama to Expose and Expand the Epistemic Insights of Youth Regarding the Nature of Science. *Research in Science Education*, 48(6): 1151-1169.

Bybee, R. W. (2000). Teaching science as inquiry. In Minstrell, J., & Van Zee, H. (Ed.). *Inquiry into inquiry: learning and teaching in science.* (pp. 20-46). Washington: American Association for the Advancement of Science.

Bybee, R. W. (2014). NGSS and the next generation of science teachers. *Journal of Science Teacher Education*, 25,211–221.

Bybee, R. W., & McCrae, B. (2011). Scientific literacy and student attitudes: Perspectives from PISA 2006 science. *International Journal of Science Education*, *33*(1), 7-26.

Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness. *Colorado Springs, Co: BSCS*, *5*, 88-98.

Campos, N. F., & Scarpa, D. L. (2018). Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação. *Estudos Avançados*, 32 (94), 25-42.

Capps, D. K., & Crawford, B. A. (2013). Inquiry-based instruction and teaching about nature of science: are they happening? *Journal of Science Teacher Education*, 24, 497–526.

Carneiro, M. H. D. S., & Gastal, M. L. (2005). História e Filosofia das Ciências no ensino de Biologia. *Ciência & Educação,* 11(1), 33-39.

Carson, R. (1954). The real world around us. *Lost woods: the discovered writing of Rachel Carson.* Boston: Beacon Press.

Castro, S. (2006). A construção da ciência na educação científica do ensino secundário: Análise do programa de Biologia e Geologia do 10° ano. (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal.

Castro, S. (2017). A construção da ciência na educação científica do ensino secundário: Estudo do discurso pedagógico do programa e de manuais escolares de Biologia e Geologia do 10° ano e das concepções dos professores. (Tese de Doutorado). Instituto de Educação, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal.

Chang, Y., Chang, C., & Tseng, Y. (2010). Trends of science education research: An automatic content analysis. *Journal of Science Education and Technology*, 19, 315–332.

Charlton, E. (2020). *How COVID-19 has changed what we search for online.* World Economic Forum, May 18, 2020.

Chassot, Á. (2000). Alfabetização científica: questões e desafios para a educação. Ijuí: Editora UNIJUÍ.

Cherbow, K., McKinley, M. T., McNeill, K. L., & Lowenhaupt, R. (2020). An analysis of science instruction for the science practices: Examining coherence across system levels and components in current systems of science education in K-8 schools. *Science Education*, 104(3), 446-478.

Chiappetta, E. L., & Adams, A. D. (2004). Inquiry-based instruction. *The Science Teacher*, 71(2), 46–50.

Chiappetta, E. L., Ganesh, T. G., Lee, Y. H., & Phillips, M. C. (2006). Examination of science textbook analysis research conducted on textbooks published over the past 100 years in the United States. *Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, San Francisco, CA.

Clark, R. C., Nguyen, F., & Sweller, J. (2006). *Efficiency in learning: evidence-based guidelines to manage cognitive load.* San Francisco: Pfeiffer.

Clough, M. P. (2003). *Explicit but insufficient: Additional considerations for successful NOS instruction. Annual Meeting of the Association for the Education of Teachers*, St. Louis, MO.

Clough, M. P. (2006). Learners' responses to the demands of conceptual change: Considerations for effective nature of science instruction. *Science & Education*, 15(5), 463-494.

Clough, M. P. (2018). Teaching and learning about the nature of science. *Science & Education*, 27(1-2), 1-5.

Clough, M. P., & Olson, J. K. (2008). Teaching and assessing the nature of science: An introduction. *Science & Education*, 17(2-3), 143-145.

Conant, J. (1957). *Harvard case histories in experimental science*. Harvard University Press.

Conant, J. (1961). *Science and common sense*. New Haven: Yale University Press.

Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. (1998). Brasília. Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm.

Crawford, B. A. (2014). From inquiry to scientific practices in the science classroom. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research in science education* (Vol. 2, pp.515–544). New York: Routledge.

Dagher, Z. R., & Erduran, S. (2016). Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education. *Science & Education*, 25, 147-164.

Darner, R. (2019). How can educators confront science denial? *Educational Researcher*, 48(4), 229-238.

Dawson, P. (2017). Assessment rubrics: towards clearer and more replicable design, research, and practice. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 42(3), 347-360.

DeBoer, G. (2000). Questions, comments, cautions, and concerns regarding the teaching and testing of NOS. Annual meeting of the *National Association for Research in Science Teaching*, New Orleans, LA.

DeBoer, G. (2006). Historical perspectives on inquiry teaching in schools. In Flick, L.B. & Lederman, N. G. (eds.), *Scientific inquiry and nature of science: implications for teaching, learning, and teacher education* (pp. 17-35). Dordrecht: Springer.

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The “what” and “why” of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*, 11, 227–268.

Deng, F., Chen, D.-T., Tsai, C.-C., & Tsai, C. S. (2011). Students’ views of the nature of science: A critical review of research. *Science Education*, 95, 961–999.

de Sá, D. M. (2020). Especial Covid-19: os historiadores e a pandemia. Casa de Oswaldo Cruz. Recuperado de http://www.coc.fiocruz.br/index.php/pt/todas-as-noticias/1853-especial-covid-19-os-historiadores-e-a-pandemia.html

Dittmer, A. (2010). *Nachdenken über Biologie: Über den Bildungswert der Wissenschaftsphilosophie in der akademischen Biologielehrerbildung.* Wiesbaden: VS, Verl. für Sozialwiss.

Dogan, N., & Abd-El-Khalick, F. (2008). Turkish grade 10 students' and science teachers' conceptions of nature of science: A national study. *Journal of*

*Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 45(10), 1083-1112.

Dolz, J., Noverraz, M., & Schneuwly, B. (2004). Sequências didáticas para o oral e a escrita: apresentação de um procedimento. In Bernard Schneuwly; Joaquim Dolz e colaboradores. *Gêneros orais e escritos na escola*. (pp. 95-128). Campinas: Mercado de Letras.

Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham: Open University Press.

Duschl, R. (1990). *Reconstructing science education: the importance of theories and their development*. New York: Teachers College Press.

Duschl, R. (2008). Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. *Review of research in education*, 32(1), 268-291.

Duschl, R., Avraamidou, L., & Azevedo, N. H. (2021). Data-Texts in the Sciences. *Science & Education*. doi: 10.1007/s11191-021-00225-y

Duschl, R., & Grandy, R. (2013). Two views about explicitly teaching nature of science. *Science & Education*, 22(9), 2109-2139.

Duschl, R., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (2007). *Taking science to school: learning and teaching science in grades K-8*. Washington, DC: National Academies Press.

Downe-Wambolt, B. (1992). Content analysis: method, applications, and issues. *Health Care for Women International*, 13,313–321.

Eastwood, J. L., Sadler, T. D., Zeidler, D. L., Lewis, A., Amiri, L., & Applebaum, S. (2012). Contextualizing Nature of Science Instruction in Socioscientific Issues. *International Journal of Science Education*, 34(15), 2289–2315.

Edelson, D. C. (1998). Realizing authentic science learning through the adaptation of scientific practice. In K. Tobin & B. Fraser (Eds.), *International handbook of science education* (pp. 317–332). Dordrecht, NL: Kluwer.

El-Hani, C. N. (2007). Notas sobre o ensino de história e filosofia da ciência na educação científica de nível superior. In Silva, C. C. (Org.). *História e Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências: Da Teoria à Sala de Aula*. (pp. 3-21). São Paulo: Livraria da Física.

Erduran, S. (2020). Bringing nuance to "the science" in public policy and science understanding. *Science & Education 29,* 487–489.

Erduran, S., & Dagher, Z. R. (2014). *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education: scientific knowledge, practices and other family categories* (Cap. 1, pp. 1-18). Dordrecht: Springer.

Erduran, S., & Dagher, Z. R. (2014b). Regaining focus in Irish junior cycle science: Potential new directions for curriculum and assessment on Nature of Science. *Irish Educational Studies*, 33(4), 335-350.

Evagorou, M., Jimenez-Aleixandre, M. P., & Osborne, J. (2012). 'Should we kill the grey squirrels?' A study exploring students' justifications and decision-making. *International Journal of Science Education*, 34(3), 401-428.

Feldman, A., Divoll, K. A., & Rogan-Klyve, A. (2013). Becoming researchers: The participation of undergraduate and graduate students in scientific research groups. *Science Education*, 97(2), 218-243.

Fernández-González, M. (2008). Ciencias para el mundo contemporáneo: Algunas reflexiones didácticas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(2), 185–199.

Feyerabend, P. K. (1975). *Against method: Outline of an anarchistic theory of knowledge*. London: New Left Books.

Flick, L. B. (1995). Complex Instruction in Complex Classrooms: A Synthesis of Research on Inquiry Teaching Methods and Explicit Teaching Strategies. *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching* (San. Francisco, CA, April 22-25, 1995).

Flick, U. (2004). *Uma introdução à pesquisa qualitativa* (2 ed.). Porto Alegre: Bookman.

Fourez, G. (1997). Scientific and technological literacy as a social practice. *Social studies of science*, 27(6), 903-936.

Franco, M. L. P. B. (1996). *O que é análise de conteúdo.* São Paulo: PUC.

Franco, L. G., & Munford, D. (2018). Reflexões sobre a Base Nacional Comum Curricular: um olhar da área de Ciências da Natureza. *Horizontes*, *36*(1), 158-171.

Galian, C. V. A., Pietri, É. D., & Sasseron, L. H. (2021). Modelos de professor e aluno sustentados em documentos oficiais: dos Pcns à Bncc. *Educação em Revista*, 37. doi: 10.1590/0102-469825551.

Galili, I. (2019). Towards a Refined Depiction of Nature of Science. *Science & Education*, 28(3), 503-537.

García-Carmona, A., & Acevedo-Díaz, J. A. (2018). The Nature of Scientific Practice and Science Education Rationale of a Set of Essential Pedagogical Principles. *Science & Education*, 27, 435-455.

Gauthier, C. (2014). O ensino explícito, aspectos teóricos e práticos. In Brasil XVII ENDIPE Encontro Nacional de Didática e Prática de Ensino.

Gess-Newsome, J. (2002). The use and impact of explicit instruction about the nature of science and science inquiry in an elementary science methods course. *Science & Education*, 11(1), 55-67.

Giamellaro, M. (2014). Primary Contextualization of Science Learning through Immersion in Content-Rich Settings. *International Journal of Science Education*, 36(17), 2848–2871.

Gil, A. C. (2009). *Como elaborar projetos de pesquisa* (4 ed.). São Paulo: Atlas.

Gilbert, J. K. (2006). On the nature of 'context' in chemical education. *International Journal of Science Education*, 28, 957–976.

Gil-Pérez, D., Fernández-Montoro, I., Carrascosa-Alís, J., Cachapuz, A., & Praia, J. (2001). Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educaçã*, 7(2), 125-153.

Gimeno-Sacristán, J. (1995). Currículo e diversidade cultural. In T. T. Silva, & A. F. B. Moreira (Orgs.). *Territórios Contestados. O currículo e os novos mapas políticos e culturais* (pp. 82-113). Petrópolis, RJ: Vozes.

Gimeno-Sacristán, J. (1998). O currículo: os conteúdos do ensino ou uma análise prática? In J. Gimeno-Sacristán, & G. A. Pérez. *Compreender e transformar o ensino.* Porto Alegre: Artmed, 1998.

Gimeno-Sacristán, J. (2017). *O Currículo: uma reflexão sobre a prática.* Porto Alegre: Penso.

Glaser, B. G., & Strauss, A. L. (1967). *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research.* Aldine: New York.

Gorard, S., & Taylor, C. (2004). Combining Methods in Educational and Social Research. Conducting Educational Research. USA: Open University Press.

Guerra-Ramos, M. T., & García-Horta, J. B. (2018). Scientific Skills in Secondary Education: A Study of Curriculum Expectations and Teachers' Thinking. In M. E. B. Prestes, & C. C. Silva (Eds.). *Teaching Science with Context, Science: Philosophy, History and Education.* (pp. 49 -64). Dordrecht: Springer.

Guisasola, J., & Morentin, M. (2007). ¿Comprenden la naturaleza de la ciencia los futuros maestros y maestras de educación primaria? *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 246–262.

Guridi, V., & Arriassecq, I. (2004). Historia y filosofía de las ciencias en la educación polimodal: Propuesta para su incorporación al aula. *Ciência & Educação*, 10(3), 307–316.

Guttmann, G. A. M., & Braga, M. (2015). A origem do universo como tema para discutir a Natureza da Ciência no Ensino Médio. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, *32*(2), 442-460.

Hand, B., Prain, V., Lawrence, C., & Yore, L. D. (1999). Writing in science framework designed to enhance scientific literacy. *International Journal of Science Education,* 21(10), 1021–1035.

Hansson, L., & Leden, L. (2016). Working with the nature of science in physics class: turning 'ordinary'classroom situations into nature of science learning situations. *Physics Education*, 51(5), 055001.

Hanuscin, D. L., Lee, M. H., & Akerson, V. L. (2011). Elementary teachers' pedagogical content knowledge for teaching the nature of science. *Science Education*, 95(1), 145–167.

Herman, B. C. (2018). Students' environmental NOS views, compassion, intent, and action: Impact of place-based socioscientific issues instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(4), 600-638.

Herman, B. C., Clough, M. P., & Olson, J. K. (2013). Teachers' nature of science implementation practices 2–5 years after having completed an intensive science education program. *Science Education*, 97(2), 271-309.

Hewson, P. W., Beeth, M. E., & Thorley, N. R. (1998). Teaching for Conceptual Change. In K. G. Tobin, & B. J. Fraser (eds.). *International Handbook of Science Education*. (pp. 199–218). Kluwer Academic Publishers.

Hipkins, R. (2012). *Building a science curriculum with an effective nature of science component*. New Zealand Council for Educational Research.

Hoadley, U. (2018). *Pedagogy in poverty: Lessons from twenty years of curriculum reform in South Africa*. Routledge.

Hodson, D. (2001). Inclusion without assimilation: Science education from an anthropological and metacognitive perspective. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technological Education*, 1(2), 161-182.

Hodson, D. (2008). *Towards scientific literacy: A teachers' guide to the history, philosophy, and sociology of science*. Netherlands: Brill Sense.

Hodson, D. (2009). *Teaching and Learning about science*: languages, theories, methods, history, traditions, and values. Rotterdam: Sense.

Hodson, D. (2014). Learning science, learning about science, doing science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36(15), 2534-2553.

Hodson, D. (2014b). 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*. (pp. 911-970). New York: Springer.

Hodson, D. (2018). Realçando o papel da ética e da política na educação científica: Algumas considerações teóricas e práticas sobre questões sociocientíficas. Tradução de Nei Nunes-Neto. In Conrado, D. M., & Nunes-Neto, N. *Questões sociocientíficas: Fundamentos, Propostas de Ensino e Perspectivas para ações sociopolíticas*. Edufba.

Hodson, D., & Wong, S. L. (2014). From the horse's mouth: why scientists' views are crucial to nature of science understanding. *International Journal of Science Education*, 36(16), 2639–2665.

Hodson, D., & Wong, S. L. (2017). Going beyond the consensus view: broadening and enriching the scope of NOS-oriented curricula. Canadian *Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 17(1), 3–17.

Hsu, P. L., & Roth, W. M. (2010). From a sense of stereotypically foreign to belonging in a science community: Ways of experiential descriptions about

high school students' science internship. *Research in Science Education*, 40(3), 291-311.

Irez, S. (2008). Nature of science as depicted in Turkish biology textbooks. *Science Education*, 93(3), 422–447.

Irzik, G., & Nola, R. (2011). A family resemblance approach to the nature of science for science education. *Science & Education*, 20(7-8), 591-607.

Irzik, G., & Nola, R. (2014). New directions for Nature of Science Research. In Matthews, M. (Ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching.* (pp.999-1021) New York: Springer.

Ivo, A. A., & Dencuff, M. P. (2014). O ensino explícito: Um meio para tornar eficaz nosso saber pedagógico–entrevista com Clermont Gauthier. *Revista Teias*, 15(39), 268-280.

Jiménez-Aleixandre, M. P., Bugallo-Rodríguez, A., & Duschl, R. (2000). "Doing the lesson" or "doing science": Argument in high school genetics. *Science Education*, 84(6), 757-792.

Jenkins, E. W. (2013). The 'nature of science' in the school curriculum: The great survivor. *Journal of curriculum studies*, 45(2), 132-151

Kampourakis, K. (2016). The general aspects conceptualization as a pragmatic and effective means to introducing students to nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(5), 667–682.

Kang, S., Scharmann, L. C., & Noh, T. (2005). Examining students' views on the nature of science: Results from Korean 6th, 8th, and 10th graders. *Science Education*, *89*(2), 314-334.

Karacam, S., Bilir, V., & Danisman, S. (2021). The effect of the visiting-scientist approach supported by conceptual change activities on the images of the scientist. *International Journal of Science Education*, 1-26.

Karisan, D., & Zeidler, D. L. (2017). Contextualization of nature of science within the socioscientific issues framework: a review of research. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 5(2), 139–152.

Kaya, E., & Erduran, S. (2016). From FRA to RFN, or how the family resemblance approach can be transformed for science curriculum analysis on nature of science. *Science & Education*, 25(9–10), 1115–1133.

Kaya, E., Erduran, S., Aksoz, B., & Akgun, S. (2018): Reconceptualised family resemblance approach to nature of science in pre-service science teacher education. *International Journal of Science Education*, 41(1), 21-47.

Kelly, G. J. (2008). Inquiry, activity and epistemic practice. In Duschl, R. A.; Grandy, R. E. (Eds.). *Teaching Scientific Inquiry*: recommendations for research and implementation (pp. 288–291). Rotterdam-Holand: Taipei Sense Publishers.

Khishfe, R. (2013). Transfer of nature of science understandings into similar contexts: promises and possibilities of an explicit reflective approach. *International Journal of Science Education*, 35(17), 2928–2953.

Khishfe, R., & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, *39*(7), 551-578.

Khishfe, R., & Lederman, N. (2006). Teaching nature of science within a controversial topic: integrated versus nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 395–418.

Kim, B. S., Ko, E. K., Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2005). Changes in teachers' pedagogical skills related to nature ofscience. Annual Meeting of the *National Association for Research in Science Teaching*, Dallas, TX.

Klopfer, L. (1969). The teaching ofscience and the history of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 6, 87–95.

Kolstø, S. D. (2001). Scientific literacy for citizenship: tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education*, 85(3), 291-310.

Kötter, M., & Hammann, M. (2017). Controversy as a Blind Spot in Teaching Nature of Science. *Science & Education*, 26(5), 451–482.

Krajcik, J., Czerniak, C., & Berger, C. (2002). *Teaching science in elementary and middle school classrooms: A project-based approach* (2 ed.). Boston: McGraw-Hill.

Krasilchik, M. (2000). Reformas e realidade, o caso do ensino das ciências. *São Paulo em Perspectiva*, 14(1), 85-93.

Krasilchik, M., & Marandino, M. (2004). Ensino de ciências e cidadania. São Paulo: Moderna.

Krathwohl, D. R. (2002). A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *Theory Into Practice*, 41(4), 212–218.

Krippendorff, K. (2004). *Content Analysis: An Introduction to its Methodology.* London: Sage Publications.

Krupczak, C., & Aires, J. A. (2018). Natureza da ciência: o que os pesquisadores brasileiros discutem? *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, 14 (32), 19-32.

Küçük, M. (2008). Improving preservice elementary teachers' views of the nature of science using explicit-reflective teaching in a science, technology, and society course. *Australian Journal of Teacher Education*, 33(2), 16-40.

Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation.* Cambridge: University of Cambridge Press.

LDB – Leis de Diretrizes e Bases. *Lei nº 9.394.* (1996). Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm.

Leden, L., Hansson, L., Redfors, A., & Ideland, M. (2015). Teachers' ways of talking about nature of science and its teaching. *Science & Education*, 24(9), 1141-1172.

Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science. A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331–359.

Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In Abell, S. K., & Lederman, N. G. (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-894). USA: Routledge.

Lederman, N. G., & Abd-El-Khalick, F. (1998). Avoiding de-natured science: activities that promote understandings of the nature of science. In W. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: rationales and strategies*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of research in science teaching*, 39(6), 497-521.

Lederman, N. G., & Lederman, J. (2014a). Is nature of science going, going, going, gone? *Journal of Science Teacher Education*, 25,235–238.

Lederman, N. G., & Lederman, J. (2014b). Research on teaching and learning of nature of science. In N. G. Lederman, & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 600–620). Mahwah: Lawrence Erlbaum.

Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartos, S. A., Bartels, S. L., Meyer, A. A., & Schwartz, R. S. (2014). Meaningful assessment of learners' understandings about scientific inquiry - The views about scientific inquiry (VASI) questionnaire. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(1), 65-83.

Le Guin, U. K. (2015). *Late in the Day. Poems 2010 - 2014*. Pm Press.

Lehrer, R., & Schauble, L. (2012). Seeding evolutionary thinking by engaging children in modeling its foundations. *Science Education*, 96(4), 701–724.

Lin, H. S., & Chen, C. C. (2002). Promoting preservice chemistry teachers' understanding about the nature of science through history. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(9), 773–792.

Lumpe, A. T., & Beck, J. (1996). A profile of high school biology textbooks using scientific literacy recommendations. *The American Biology Teacher*, 147-153.

MacDonald, C., & Abd-El-Khalick, F. (2017). *Representations of nature of science in school science textbooks: a global perspective*. New York: Routledge.

Mackenzie, N., & Knipe, S. (2006). Research dilemmas: Paradigms, methods, and methodology. *Issues in educational research*, *16*(2), 193-205.

Marín, N., Benarroch, A., & Niaz, M. (2013). Revisión de consensos sobre naturaleza de la ciencia. *Revista de Educación*, 361, 117-140.

Martins, A. F. P. (2015). Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em "temas" e "questões". *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 32(3), 703-737.

Marzano, R. J. (2000). Designing a new taxonomy of educational objectives. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.

Matthews, M. R. (1994). *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*. Routledge: New York.

Matthews, M. R. (2012). Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). In Khine, M. S. (Ed.). *Advances in nature of science research* (pp. 3-26). Dordrecht: Springer.

McComas, W. F. (1998). The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education* (pp. 53-70). Dordrecht: Springer.

McComas, W. F. (2000). The nature of science in science education rationales and strategies. The Netherlands: Kluwer.

McComas, W. F. (2014). Benchmarks for science literacy. In *The Language of Science Education* (p. 12). Rotterdam: Sense Publishers.

McComas, W. F., Clough, M. P., & Almazroa, H. (1998). The role and character of the nature of science in science education. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education* (pp. 3-40). Dordrecht: Springer.

McComas, W. F., & Olson, J. K. (1998). The nature of science in international science education standards documents. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: rationales and strategies* (pp. 41–52). Dordrecht: Springer.

McDonald, C. V., & Abd-El-Khalick, F. (2017). Where to from here? Implications and future directions for research on representations of nature of science in school science textbooks. In *Representations of Nature of Science in School Science Textbooks* (pp. 215-231). Routledge.

Megid Neto, J., & Fracalanza, H. (2003). O livro didático de ciências: problemas e soluções. *Ciência & Educação*, 9(2), 147-157.

Melgaço, I. C. P. P. S. (2015). Ética animal no ensino de ciências e biologia: uma análise de livros didáticos na educação básica. (Tese de Doutorado). *Bioética, Ética Aplicada e Saúde Coletiva, Universidade Federal Fluminense*, Rio de Janeiro, Brasil.

Mellado, V. (1997). Preservice teachers' classroom practice and their conceptions of the nature of science. *Science & Education*, 6, 331–354.

Melo, É., & Bächtold, M. (2018). A Theater-Based Device for Training Teachers on the Nature of Science. *Science & Education*, 27(9-10): 963-986.

Mendonça, P. C. C. (2020). De que Conhecimento sobre Natureza da Ciência Estamos Falando? *Ciência & Educação*, 26, 1-16.

Mesci, G., Schwartz, R. S., & Pleasants, B. A. S. (2020). Enabling Factors of Preservice Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge for Nature of Science and Nature of Scientific Inquiry. *Science & Education*, 1-35.

Metz, K. E. (2008). Narrowing the gulf between the practices of science and the elementary school classroom. *Elementary School Journal*, 109(2), 138–161.

Ministério da Educação - MEC. (1998). Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais. 3º e 4º ciclos. Apresentação em Temas transversais. Brasília: MEC/SEF.

Ministério da Educação - MEC. (2000). Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/Semtec.

Ministério da Educação - MEC. (2017). Base Nacional Comum Curricular. Brasília.

Mølstad, C. E., & Prøitz, T. S. (2019). Teacher-chameleons: the glue in the alignment of teacher practices and learning in policy. *Journal of Curriculum Studies*, 51(3), 403-419.

Morais, A. M., Castro, S., Ferreira, S., & Neves, I. P. (2018). The nature of science in secondary school Geology: Studying recontextualizing processes. In M. E. B. Prestes, & C. C. Silva (Eds.). *Teaching Science with Context, Science: Philosophy, History and Education*. (pp. 421-435). Dordrecht: Springer.

Moreira, A. F. B. (2004). Currículo: novas trajetórias para a escola pública básica. In Geraldi, C. M. G., Riolfi, C. R., Garcia, M. F. (Orgs.) *Escola Viva. Elementos para a construção de uma educação de qualidade social*. (pp. 287-305). Campinas, São Paulo: Mercado das Letras.

Moreira, A. F. B., & Silva, T. T. (2005). Sociologia e teoria do currículo: uma introdução. In *Currículo, cultura e sociedade*. São Paulo: Cortez.

Moreira, M. A., & Ostermann, F. (1993). Sobre o ensino do método científico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 10(2), 108-117.

Morse, J. M., & Richards, L. (2002). *Read me first for a user's guide to qualitative methods*. Thousand Oaks, California: Sage Publications Inc.

Munford, D. (2020). Múltiplos contextos que interpelam o componente curricular de Ciências da Natureza para os anos iniciais do ensino fundamental na BNCC. *Em Aberto*, 33(107).

Munford, D., & Lima, M. E. C. C. E. (2007). Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 9(1) 89-111.

Nashon, S. M., & Anderson, D. (2013). Interpreting student views of learning experiences in a contextualized science discourse in Kenya. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(4), 381–407.

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2016. *Science Literacy: Concepts, Contexts, and Consequences*. Washington, DC: The National Academies Press. doi: 10.17226/23595.

Neira, M. G. (2018). *Essa base, não. Jornal da USP*. Recuperado de https://jornal.usp.br/artigos/essa-base-nao/.

Niaz, M. (2009). *Critical appraisal of physical science as a human enterprise: Dynamics of scientific progress*. Milton Keynes: Springer.

Niaz, M. (2016). History and philosophy of science as a guide to understanding nature of science. *Revista Científica*, 1(24).

OCDE. (2018). *The future of education and skills 2030 project*. Organization for Economic Co-operation and Development.

Oki, M. D. C. M., & Moradillo, E. F. D. (2008). O ensino de história da química: contribuindo para a compreensão da natureza da ciência. *Ciência & Educação,* 14, 67-88.

Oliveira, A. W., Akerson, V. L., Colak, H., Pongsanon, K., & Genel, A. (2012). The implicit communication of nature of science and epistemology during inquiry discussion. *Science Education*, 96(4), 652–684.

Olson, J. K. (2018). The Inclusion of the Nature of Science in Nine Recent International Science Education Standards Documents. *Science & Education*, 27(7-8), 637-660.

OMS. (2020). *Managing the COVID-19 infodemic: Promoting healthy behaviours and mitigating the harm from misinformation and disinformation*. Recuperado de https://www.who.int/news/item/23-09-2020-managing-the-covid-19-infodemic-promoting-healthy-behaviours-and-mitigating-the-harm-from-misinformation-and-disinformation.

Orgill, M. (2007). Situated cognition. In G. M. Bodner, & M. Orwill (Eds.), *Theoretical frameworks for research in chemistry/science education* (pp. 187–203). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Osborne, J. (2016). Defining a knowledge base for reasoning in Science: the role of procedural and epistemic knowledge. In R. Duschl, & A. S. Bismarck (Ed.). *Reconceptualizing STEM Education: the central role of practice*. New York: Routledge.

Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What "ideas about science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720.

Park, W., Wu, J. Y., & Erduran, S. (2020). The Nature of STEM Disciplines in the Science Education Standards Documents from the USA, Korea and Taiwan. *Science & Education*, *29*(4), 899-927.

Park, W., Yang, S., & Song, J. (2019). When modern physics meets nature of science. *Science & Education*, *28*(9), 1055-1083.

Park, W., Yang, S., & Song, J. (2020b). Eliciting students' understanding of nature of science with text-based tasks: insights from new Korean high school textbooks. *International Journal of Science Education*, 1–25. doi: 10.1080/09500693.2020.1714094.

Patton, M. Q. (2002). *Qualitative research & evaluation methods*. Thousand Oaks, California: Sage publications Inc.

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., & Jong, T. (2015). Phases of inquiry-based learning: definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47-61.

Pedretti, E. (1999). Decision making and STS education: Exploring scientific knowledge and social responsibility in schools and science centers through an issues-based approach. *School Science and Mathematics*, 99, 174–181.

Peters-Burton, E. E., Parrish, J. C., & Mulvey, B. K. (2019). Extending the utility of the Views of Nature of Science assessment through epistemic network analysis. *Science & Education*, 28(9), 1027-1053.

Peters, E. E. (2009). Developing content knowledge in students through explicit teaching of the nature of science: influences of goal setting and self-monitoring. *Science & Education*, 21(6), 881–898.

Piburn, M., Sawada, D., Turley, J., Falconer, K., Benford, R., Bloom, I., & Judson, E. (2000). *Reformed teaching observation protocol (RTOP) reference manual*. Tempe, Arizona: Arizona Collaborative for Excellence in the Preparation of Teachers.

Pierson, A. E., Clark, D. B., & Kelly, G. J. (2019). Learning Progressions and Science Practices. *Science & Education*, 28, 833–841.

Piliouras, P., Plakitsi, K., Seroglou, F., & Papantoniou, G. (2017). Teaching Explicitly and Reflecting on Elements of Nature of Science: A Discourse-Focused Professional Development Program with Four Fifth-Grade Teachers. *Research in Science Education*, 48(6), 1121-1246.

Piliouras, P., Siakas, S., & Seroglou, F. (2011). Pupils produce their own narratives inspired by the history of science: Animation movies concerning the geocentric–heliocentric debate. *Science & Education*, 20(7), 761-795.

PNE – Plano Nacional de Educação. *Lei nº 13.005.* (2014). Recuperado de http://pne.mec.gov.br/18-planos-subnacionais-de-educacao/543-plano-nacional-de-educacao-lei-n-13-005-2014.

Pino, P. V., Ostermann, F., & Moreira, M. A. (2004). Concepções epistemológicas veiculadas pelos PCNs na área de ciências naturais de 5ª. a 8ª. série fundamental. *Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física (9: 2004: Jaboticatubas, MG). [Anais]. Jaboticatubas:* [sn], *2004*.

Popham, W. J. 1997. What's Wrong – and What's Right – with Rubrics. *Educational Leadership,* 55(2), 72–75.

Pozo, J. I., & Crespo, M. Á. G. (2009). *A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico*. Porto Alegre: Artmed.

Prestes, M. E. B., & Silva, C. C. (2018). Introduction. In M. E. B. Prestes, & C. C. Silva (Eds.). *Teaching Science with Context, Science: Philosophy, History and Education*. Dordrecht: Springer.

Puig, B., Torija, B., & Jiménez-Aleixandre, M. (2012). Analysis of Lines of Reasoning in Written Argumentation. In *Argumentation in the Classroom*. Santiago de Compostela: Danu.

Pujalte, A. P., Bonan, L., Porro, S., & Adúriz-Bravo, A. (2014). Las imágenes inadecuadas de ciencia y de cientifico como foco de la naturaleza de la ciencia: estado del arte y cuestiones pendientes. *Ciência & Educação*, 20(3), 535- 548.

R Core Team (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/.

Reis, P. (2014). Promoting students' collective socioscientific activism: teacher's perspectives. In S. Alsop, & L. Bencze (Ed.). *Activism in science and technology education*. (pp. 547-574). London: Springer.

Rios, K., Cheng, Z. H., Totton, R. R., & Shariff, A. F. (2015). Negative stereotypes cause Christians to underperform in and disidentify with science. *Social Psychological and Personality Science*, 6(8), 959-967.

Rivet, A. E., & Krajcik, J. S. (2008). Contextualizing instruction: Leveraging students' prior knowledge and experiences to foster understanding of middle school science. *Journal of Research in Science Te*aching, 45(1), 79–100.

Roberts, D. A. (2007). Scientific literacy/science literacy. In Abell, S. K.; Lederman, N. G. (eds.), *Handbook of research on science education*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

Roblin, N. P., Schunn, C., & McKenney, S. (2018). What are critical features of science curriculum materials that impact student and teacher outcomes? *Science Education*, 102(2), 260–282.

Rosenshine, B. (2008). Systematic Instruction. In T. L. Good (Ed.) *21st Century Education: A Reference Handbook*. (pp. 235-243). California: SAGE Publications.

Rubba, P., & Anderson, H. (1978). Development of an instrument to assess secondary students' understanding of the nature of scientific knowledge. *Science Education*, 62(4), 449–458.

Rudge, D. W., Cassidy, D. P., Fulford, J. M., & Howe, E. M. (2014). Changes observed in views of nature of science during a historically based unit. *Science & Education*, 23(9), 1879-1909.

Rudge, D. W., & Howe, E. M. (2009). An explicit and reflective approach to the use of history to promote understanding of the nature of science. *Science & Education*, 18, 561- 580.

Rudio, F. V. (1985). *Introdução ao projeto de pesquisa científica.* 9. ed. Petrópolis: Vozes.

Ruffato, C. A., & Carneiro, M. C. (2011). A importância da história e da filosofia da ciência para o ensino de ciências. In Carneiro, M. C. (org.). *História e Filosofia das ciências e o ensino de ciências.* (pp. 30-56). São Paulo: Cultura Acadêmica.

Sadeh, I., & Zion, M. (2009). The development of dynamic inquiry performances within an open inquiry setting: a comparison to guided inquiry setting. *Journal of Research in Science Teaching,* 46(10), 1137–1160.

Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2005). Patterns of Informal Reasoning in the Context of Socioscientific Decision Making. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(1), 112-138.

Sampaio, R., & Lycarião, D. (2018). Eu quero acreditar! Da importância, formas de uso e limites dos testes de confiabilidade na Análise de Conteúdo. *Revista de Sociologia e Política*, 26, 31-47.

Santos, W. L. P., & Mortimer, E. F. (2002). Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência - Tecnologia - Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências*, 2(2): 110-132.

Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. (2008). Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. *Investigações em Ensino de Ciências*, 13, 333-352.

Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. (2011). Alfabetização Científica: Uma Revisão Bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16(1), 59-77.

Schank, R. C. (1982). *Dynamic memory.* Cambridge: Cambridge University Press.

Scharmann, L. C., Smith, M. U., James, M. C., & Jensen, M. (2005). Explicit reflective nature of science instruction: Evolution, intelligent design, and umbrellaology. *Journal of Science Teacher Education*, 16(1), 27–41.

Schizas, D., Psillos, D., & Stamou, G. (2016). Nature of Science or Nature of the Sciences? *Science Education*, 100, 706–733.

Schwab, J. J. (1962). The teaching of science as inquiry. In J. J. Schwab, & P. E. Brandweine (Eds.), *The teaching of science* (pp. 3–103). Cambridge: Harvard University Press.

Schwartz, R. S., & Lederman, N. G. (2002). "It's the nature of beast": The influence of knowledge and intentions on learning and teaching nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(3), 205–236.

Schwartz, R. S., Lederman, N. G., & Abd-El-Khalick, F. (2012). A series of misrepresentations: A response to Allchin's whole approach to assessing nature of science understandings. *Science Education*, 96(4), 685–692.

Schwartz, R. S., Lederman, N. G., & Crawford, B. A. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Education*, 88(4), 610–645.

Schwartz, R. S., Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2008). An Instrument to Assess Views of Scientific Inquiry: The VOSI Questionnaire. In The annual meeting of the *National Association for Research in Science Teaching*, Baltimore, MD.

Shaffer, D. W., Collier, W., & Ruis, A. R. (2016). A tutorial on epistemic network analysis: Analyzing the structure of connections in cognitive, social, and interaction data. *Journal of Learning Analytics*, 3(3), 9–45.

Shaffer, D. W., & Ruis, A. R. (2017). Epistemic network analysis: A worked example of theory-based learning analytics. In C. Lang, G. Siemens, A. F. Wise, & D. Gasevic (Eds.), *Handbook of learning analytics* (pp. 175–187). Society for Learning Analytics Research.

Shah, A. M., Wylie, C., Gitomer, D., & Noam, G. (2018). Improving STEM program quality in out-of-school-time: Tool development and validation. *Science Education*, 102(2), 238–259.

Showalter, V. M. (1974). *What is united science education?* Part 5: Program objectives and scientific literacy. Prism, II (2), 3–4.

Sipavicius, B. K. A., & Sessa, P. S. (2019). A Base Nacional Comum Curricular e a área de Ciências Da Natureza: tecendo relações e críticas. *Atas de Ciências da Saúde*, 7(1), 3.

SME SP – Secretaria Municipal de Educação de São Paulo. (2017). *Currículo da Cidade: Ensino Fundamental: Ciências Naturais.* São Paulo: SME/COPED.

SME SP – Secretaria Municipal de Educação de São Paulo. (2018). Coordenadoria Pedagógica. *Orientações didáticas do currículo da cidade: Ciências Naturais.* São Paulo: SME/COPED.

SME SP – Secretaria Municipal de Educação de São Paulo. (2019a). Caderno da cidade: saberes e aprendizagens: Ciências Naturais – livro do(a) professor(a) – 1º ano. São Paulo: COPED.

SME SP – Secretaria Municipal de Educação de São Paulo. (2019b). Caderno da cidade: saberes e aprendizagens: Ciências Naturais – livro do(a) professor(a) – 3º ano. São Paulo: COPED.

SME SP – Secretaria Municipal de Educação de São Paulo. (2019c). Caderno da cidade: saberes e aprendizagens: Ciências Naturais – livro do(a) professor(a) – 4º ano. São Paulo: COPED.

SME SP – Secretaria Municipal de Educação de São Paulo. (2019d). Caderno da cidade: saberes e aprendizagens: Ciências Naturais – livro do(a) professor(a) – 6º ano. São Paulo: COPED.

SME SP – Secretaria Municipal de Educação de São Paulo. (2019e). Caderno da cidade: saberes e aprendizagens: Ciências Naturais – livro do(a) professor(a) – 7º ano. São Paulo: COPED.

SME SP – Secretaria Municipal de Educação de São Paulo. (2019f). Caderno da cidade: saberes e aprendizagens: Ciências Naturais – livro do(a) professor(a) – 8º ano. São Paulo: COPED.

SME SP – Secretaria Municipal de Educação de São Paulo. (2019g). Caderno da cidade: saberes e aprendizagens: Ciências Naturais – livro do(a) professor(a) – 9º ano. São Paulo: COPED.

Smith, M. U., Lederman, N. G., Bell, R. L., McComas, W. F., & Clough, M. P. (1997). How great is the disagreement about the nature of science: A response to Alters. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(10), 1101–1103.

Smith, M. U., & Scharmann, L. (2008). A Multi-Year Program Developing an Explicit Reflective Pedagogy for Teaching Pre-service Teachers the Nature of Science by Ostention. *Science & Education*, 17(2-3), 219–248.

Son, J. Y., & Goldstone, R. L. (2009). Contextualization in perspective. *Cognition and Instruction*, 27, 51–89

Southerland, S. A., Gess-Newsome, J., & Johnston, A. (2003). Portraying science in the classroom: The manifestation of scientists' beliefs in classroom practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 669–691.

Southerland, S. A., & Scharmann, L. C. (2013). Acknowledging the religious beliefs students bring into the science classroom: Using the bounded nature of science. *Theory into Practice*, 52(1), 59-65.

Summers, R., & Abd-El-Khalick, F. (2019). Examining the Representations of NOS in Educational Resources: An Analysis of Lesson Plans Aligned with the Next Generation Science Standards. *Science & Education*, 28, 269-289.

Summers, R., Alameh, S., Brunner, J., Maddux, J. M., Wallon, R. C., & Abd-El-Khalick, F. (2019). Representations of nature of science in US science standards: A historical account with contemporary implications. *Journal of research in science teaching*, 56(9), 1234-1268.

Sweller, J. Kirschner, P. A., & Clark, R. E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching, *Educational psychologist*, 41(2), 75–86.

Taber, K. (2010). A comprehensive vision of „the nature of science" in science education. *Studies in Science Education*, 46(2), 245-254.

Tala, S., & Vesterinen, V. M. (2015). Nature of Science Contextualized: Studying Nature of Science with Scientists. *Science & Education*, 24(4), 435–457.

Tessmer, M., & Richey, R. C. (1997). The role of context in learning and instructional design. *Educational Technology Research and Development*, 45, 85–115.

Tierney, R., & M. Simon. 2004. "What's Still Wrong with Rubrics: Focusing on the Consistency of Performance Criteria across Scale Levels." Practical Assessment. *Research & Evaluation,* 9(2), 1–10.

Trujillo, G., & Tanner K. D. (2014). Considering the role of affect in learning: monitoring students' self-efficacy, sense of belonging, and science identity. *CBE Life Sci Educ*, 13, 6–15.

Tsybulsky, D., Dodick, J., & Camhi, J. (2017). The Effect of Field Trips to University Research Labs on Israeli High School Students' NOS Understanding. *Research in Science Education*, 48(6), 1247-1272.

VanDijk, E. M. (2011). Portraying real science in science communication. *Science Education*, 95(6), 1086–1100.

Vilanova, R. (2015). Educação em ciências e cidadania: mudança discursiva e modos de regulação na política do Programa Nacional do Livro Didático. *Ciência & Educação*, 21, 177-197.

Wenning, C. J. (2006). Assessing nature-of-science literacy as one component of scientific literacy. *Journal of Physics Teacher Education*, 3(4), 3–14.

Williams, C. T., & Rudge, D. W. (2019). Effects of historical story telling on student understanding of nature of science. *Science & Education*, 28(9), 1105-1133.

Windschitl, M. (2004). Folk theories of ''inquiry:'' How preservice teachers reproduce the discourse and practices of an atheoretical scientific method. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 481–512.

Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2018). *Ambitious science teaching.* Cambridge: Harvard Education Press.

Wolf, K., & Stevens, E. (2007). The Role of Rubrics in Advancing and Assessing Student Learning. *Journal of Effective Teaching*, 7(1), 3-14.

Wong, S. L., & Hodson, D. (2009). From the horse's mouth: what scientists say about scientific investigation and scientific knowledge. *Science Education*, 93(1), 109-130.

Yacoubian, H. A. (2012). Towards a philosophically and a pedagogically reasonable nature of science curriculum. University of Alberta, Department of Secondary Education. Recuperado de: https://era.library.ualberta.ca/items/143c1900-551c-434c-9763-d8559349b5e6.

Yacoubian, H. A. (2015). A framework for guiding future citizens to think critically about nature of science and socioscientific issues. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education,* 15(3), 248–260.

Yacoubian, H. A., & BouJaoude, S. (2010). The effect of reflective discussions following inquiry-based laboratory activities on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(10), 1229–1252.

Yeh, Y. F., Erduran, S., & Hsu, Y. S. (2019). Investigating coherence about nature of science in science curriculum documents. *Science & Education*, 28(3), 291-310.

Young, M. F. D. (2007). Para que servem as escolas? *Educação & Sociedade*, 28(101), 1287-1302.

Zabala, A. (1998). *A prática educativa: como ensinar*. Porto Alegre: Artmed.

Zambrano, J., Lee, G. A., Leal, C. C., & Thoman, D. B. (2020). Highlighting prosocial affordances of science in textbooks to promote science interest. *CBE—Life Sciences Education*, 19(3), ar24.

Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A Research-Based Framework for Socioscientific Issues Education. *Science Education*, 89, 357-377.

Zeidler, D. L., Walker, K. A., Ackett, W. A., & Simmons, M. L. (2002). Tangled up in views: Beliefs in the nature of science and responses to socioscientific dilemmas. *Science education*, 86(3), 343-367.

Zion, M., Schwartz, R. S., Rimerman-Shmueli, E., & Adler, I. (2020). Supporting teachers' understanding of nature of science and inquiry through personal experience and perception of inquiry as a dynamic process. *Research in Science Education*, 50(4), 1281-1304.

Zion, M., & Slezak, M. (2005). It takes two to tango: In dynamic inquiry, the self-directed student acts in association with the facilitating teacher. *Teaching and Teacher Education*, 21(7), 875-894.

Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 35–62.

# APÊNDICE A

Relação das unidades (sequências didáticas investigativas) que compõem os nove volumes dos Cadernos da Cidade de Ciências Naturais produzidos pela SME SP.

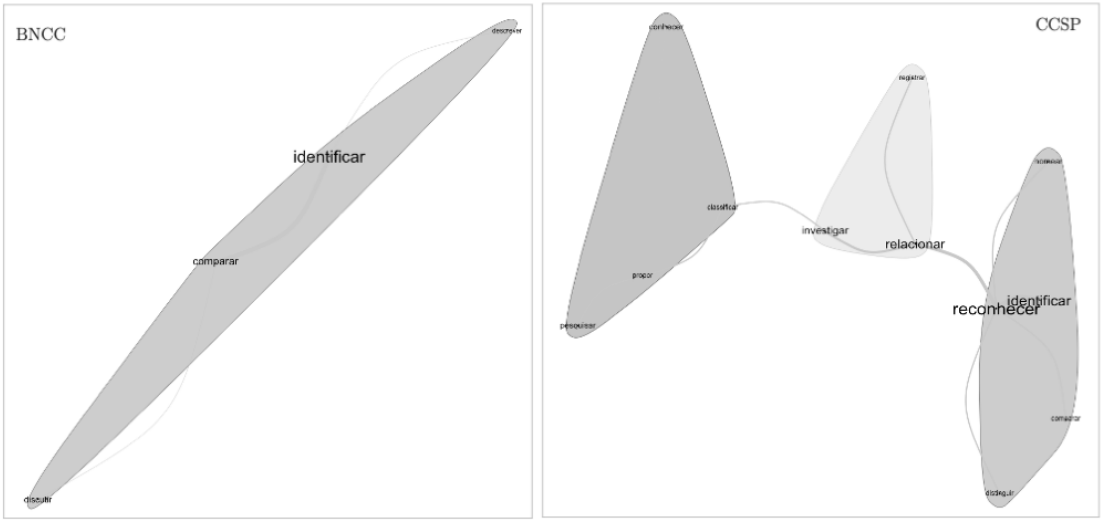
| **Código** | **Título da unidade** | **Total de atividades** | **Ano** | **Ciclo** |
|---|---|---|---|---|
| 1SD1 | Espaços e elementos da escola | 9 | 1 | Alfabetização |
| 1SD2 | Eu vou para Marte e vou levar | 5 | 1 | Alfabetização |
| 1SD3 | Piquenique sem sujeira | 7 | 1 | Alfabetização |
| 1SD4 | Cliques da natureza | 6 | 1 | Alfabetização |
| 2SD1 | As gotas de água | 9 | 2 | Alfabetização |
| 2SD2 | Corra e olhe o céu | 9 | 2 | Alfabetização |
| 2SD3 | As plantas que comemos | 9 | 2 | Alfabetização |
| 2SD4 | O solo e o lixo | 9 | 2 | Alfabetização |
| 3SD1 | Os movimentos de nosso planeta | 12 | 3 | Alfabetização |
| 3SD2 | Vibrando o Som | 9 | 3 | Alfabetização |
| 3SD3 | Que água é essa! | 9 | 3 | Alfabetização |
| 3SD4 | Cozinhando com ciência | 9 | 3 | Alfabetização |
| 4SD1 | Comida de atleta | 6 | 4 | Interdisciplinar |
| 4SD2 | Energia em transformação | 7 | 4 | Interdisciplinar |
| 4SD3 | A invasão das serpentes | 9 | 4 | Interdisciplinar |
| 4SD4 | De outro planeta | 7 | 4 | Interdisciplinar |
| 5SD1 | Ligando as turbinas | 8 | 5 | Interdisciplinar |
| 5SD2 | Combustíveis que usamos | 6 | 5 | Interdisciplinar |
| 5SD3 | Está longe, está perto | 9 | 5 | Interdisciplinar |
| 5SD4 | Vejo mudanças | 8 | 5 | Interdisciplinar |
| 6SD1 | A Terra viva: formações e transformações do solo | 6 | 6 | Interdisciplinar |
| 6SD2 | A dinâmica relação entre as plantas e o solo | 6 | 6 | Interdisciplinar |
| 6SD3 | Equilíbrios e desequilíbrios no ambiente | 9 | 6 | Interdisciplinar |
| 6SD4 | O que seria preciso acontecer para que fosse sempre dia ou sempre noite em São Paulo? | 6 | 6 | Interdisciplinar |
| 6SD5 | O mistério da morte dos peixes da lagoa | 8 | 6 | Interdisciplinar |
| 6SD6 | Transformações de materiais em nosso organismo | 8 | 6 | Interdisciplinar |
| 6SD7 | Pensando sobre nossos hábitos alimentares | 8 | 6 | Interdisciplinar |
| 7SD1 | O tempo, o meio e as mudanças | 8 | 7 | Autoral |
| 7SD2 | A locomoção dos seres vivos no meio | 8 | 7 | Autoral |
| 7SD3 | Interações ecológicas e recuperação de áreas degradadas | 8 | 7 | Autoral |
| 7SD4 | As mudanças de posição no meio | 8 | 7 | Autoral |
| 7SD5 | Desigualdade de gênero: uma questão biológica ou sociocultural? | 8 | 7 | Autoral |
| 7SD6 | Pensando sobre uma vida sexual e reprodutiva saudável | 8 | 7 | Autoral |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 7SD7 | O ouro negro e os desastres ambientais: o que ocorre quando há derramamento de petróleo na água? | 8 | 7 | Autoral |
| 8SD1 | Como explicar a baixa ocorrência de furacões no Brasil? | 8 | 8 | Autoral |
| 8SD2 | Os seres vivos podem se adaptar ao aquecimento global? | 7 | 8 | Autoral |
| 8SD3 | Será que é mesmo mais comum ter gripe no inverno? Doenças sazonais, clima e vacinas | 8 | 8 | Autoral |
| 8SD4 | O que é chuva ácida e como evitá-la? | 8 | 8 | Autoral |
| 8SD5 | O movimento gerado pelo calor | 7 | 8 | Autoral |
| 8SD6 | A visão e a audição nos seres humanos | 8 | 8 | Autoral |
| 8SD7 | Isso não está me cheirando bem! | 7 | 8 | Autoral |
| 9SD1 | A energia que vem do céu | 9 | 9 | Autoral |
| 9SD2 | A origem do universo | 6 | 9 | Autoral |
| 9SD3 | Origem da vida no planeta Terra | 6 | 9 | Autoral |
| 9SD4 | O gafanhoto é verde porque vive na grama ou ele vive na grama porque é verde? | 7 | 9 | Autoral |
| 9SD5 | Por que somos iguais e diferentes ao mesmo tempo? | 8 | 9 | Autoral |
| 9SD6 | Manipulação genética de seres vivos | 6 | 9 | Autoral |
| 9SD7 | O Magnetismo | 7 | 9 | Autoral |

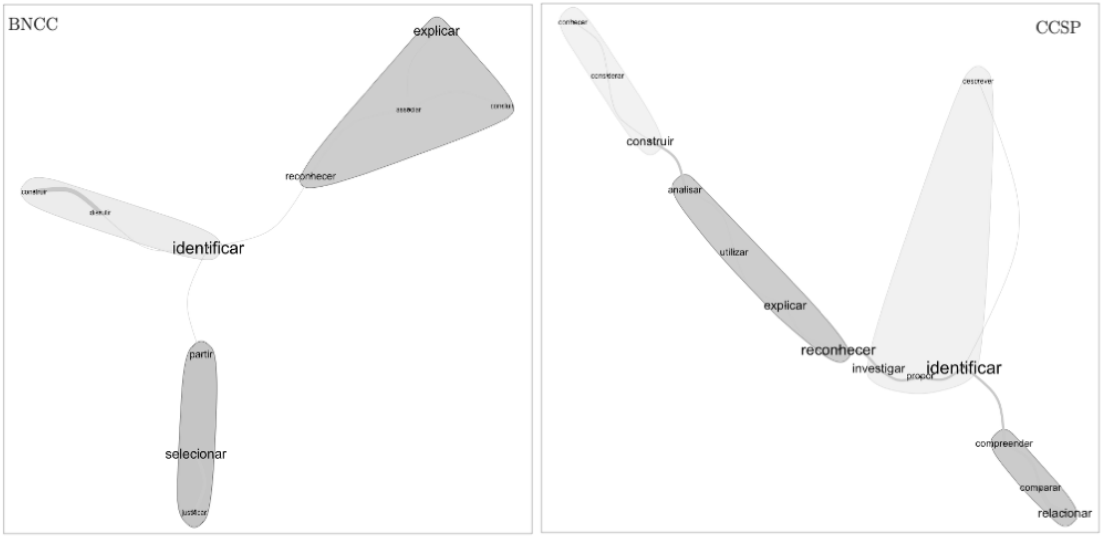
# APÊNDICE B

Grafos resultantes da análise de similitude, separados por ciclo de aprendizagem, considerando as ações presentes nas habilidades da *Base* e nos objetivos de aprendizagem e desenvolvimento do *Currículo da Cidade*.

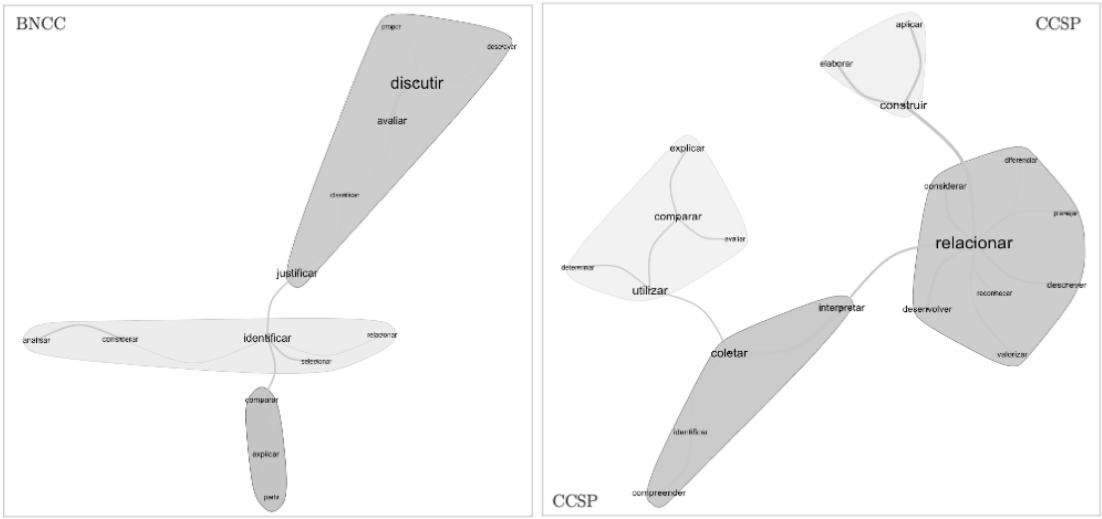
Ciclo de Alfabetização




Ciclo Interdisciplinar




Ciclo Autoral



# APÊNDICE C

Resultados da análise estatística das redes apresentadas na Figura 3.5.

**Nonparametric**

**X Axis:** MR1

*U*=0
p=0.10

Effect Size:
*r*=1.00

| | BNCC | CCSP |
|---|---|---|
| **Median:** | 0.21 | -0.47 |
| **N:** | 3 | 3 |

**Write Up**

Along the X axis (MR1), a Mann-Whitney test showed that BNCC (Mdn=0.21, N=3) **was not** statistically significantly different at the alpha=0.05 level from CCSP (Mdn=-0.47, N=3 U=0, p=0.10, r=1.00).

**Y Axis:** SVD2

*U*=5.00
p=1.00

Effect Size:
*r*=-0.11

| | BNCC | CCSP |
|---|---|---|
| **Median:** | 0.27 | 0.15 |
| **N:** | 3 | 3 |

**Write Up**

Along the Y axis (SVD2), a Mann-Whitney test showed that BNCC (Mdn=0.27, N=3) **was not** statistically significantly different at the alpha=0.05 level from CCSP (Mdn=0.15, N=3 U=5.00, p=1.00, r=-0.11).

# APÊNDICE D

Relação das atividades cujas análises foram apresentadas na tese e que estão contidas nos *Cadernos da Cidade de Ciências Naturais* produzidos pela SME SP.

| # | **Código** | **Título** | **Referência** | **Páginas** |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 01_SD1_A01 | Espaços e elementos da escola | SME SP, (2019a) | 13 |
| 2 | 01_SD1_A02 | Onde foi tirada essa foto? | SME SP, (2019a) | 13-15 |
| 3 | 01_SD1_A03 | Você completa a foto | SME SP, (2019a) | 15-16 |
| 4 | 01_SD1_A04 | Brincando de adivinha | SME SP, (2019a) | 17-19 |
| 5 | 01_SD1_A05 | O que é, o que é | SME SP, (2019a) | 20-21 |
| 6 | 01_SD1_A06 | Procurando seres vivos | SME SP, (2019a) | 22-25 |
| 7 | 01_SD1_A07 | Os seres humanos | SME SP, (2019a) | 26-27 |
| 8 | 01_SD1_A08 | Jogo da identidade | SME SP, (2019a) | 28-30 |
| 9 | 01_SD1_A09 | Espaços e coisas da escola de novo | SME SP, (2019a) | 31 |
| 10 | 01_SD3_A01 | Onde fazer um piquenique? | SME SP, (2019a) | 59-61 |
| 11 | 01_SD3_A02 | Escolhendo um lugar sem sujeiras | SME SP, (2019a) | 62-67 |
| 12 | 01_SD3_A03 | Há sujeiras que a gente não vê | SME SP, (2019a) | 67-70 |
| 13 | 01_SD3_A04 | Em busca de microrganismos | SME SP, (2019a) | 71-76 |
| 14 | 01_SD3_A05 | Os microrganismos que vivem em você | SME SP, (2019a) | 76-80 |
| 15 | 01_SD3_A06 | O que tem nas suas mãos | SME SP, (2019a) | 81-85 |
| 16 | 01_SD3_A07 | Piquenique livre de sujeiras | SME SP, (2019a) | 85 |
| 17 | 03_SD1_A01 | Dia e noite no planeta Terra | SME SP, (2019b) | 13-14 |
| 18 | 03_SD1_A02 | Simulando o dia e a noite | SME SP, (2019b) | 14-16 |
| 19 | 03_SD1_A03 | Pesquisando sobre o dia e a noite | SME SP, (2019b) | 17 |
| 20 | 03_SD1_A04 | Roda pião | SME SP, (2019b) | 18-20 |
| 21 | 03_SD1_A05 | Representações da formação do dia e da noite | SME SP, (2019b) | 21 |
| 22 | 03_SD1_A06 | O nascer do sol em São Paulo | SME SP, (2019b) | 22-23 |
| 23 | 03_SD1_A07 | Conhecendo as estações do ano | SME SP, (2019b) | 24-29 |
| 24 | 03_SD1_A08 | Diferentes representações do planeta Terra | SME SP, (2019b) | 30 |
| 25 | 03_SD1_A09 | Um lugar onde o sol brilha do planeta Terra à meia-noite | SME SP, (2019b) | 30-31 |
| 26 | 03_SD1_A10 | Simulando a duração dos dias nos polos da Terra | SME SP, (2019b) | 31-33 |
| 27 | 03_SD1_A11 | Verão aqui, inverno lá | SME SP, (2019b) | 33-35 |
| 28 | 03_SD1_A12 | O problema do dia e da noite | SME SP, (2019b) | 36 |
| 29 | 03_SD2_A01 | Identificando os diferentes sons | SME SP, (2019b) | 42-45 |
| 30 | 03_SD2_A02 | Que som é esse? | SME SP, (2019b) | 45-48 |
| 31 | 03_SD2_A03 | Procurando o som no ar | SME SP, (2019b) | 48-51 |
| 32 | 03_SD2_A04 | Sentindo o som no corpo | SME SP, (2019b) | 51-52 |
| 33 | 03_SD2_A05 | Vibrando o som no telefone de copos | SME SP, (2019b) | 53-55 |
| 34 | 03_SD2_A06 | Os limites do ouvido humano | SME SP, (2019b) | 56-59 |
| 35 | 03_SD2_A07 | O barulho incomoda muita gente | SME SP, (2019b) | 59-62 |
| 36 | 03_SD2_A08 | O nosso ouvido também envelhece | SME SP, (2019b) | 63-64 |
| 37 | 03_SD2_A09 | Como Beethoven conseguia sentir o som de suas composições? | SME SP, (2019b) | 65 |
| 38 | 03_SD3_A01 | O que tem nessa água? | SME SP, (2019b) | 69-71 |
| 39 | 03_SD3_A02 | Caminho das águas | SME SP, (2019b) | 71-74 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 40 | 03_SD3_A03 | Dá para limpar essa água? | SME SP, (2019b) | 74-80 |
| 41 | 03_SD3_A04 | Tipos de esgoto | SME SP, (2019b) | 81 |
| 42 | 03_SD3_A05 | Filtros naturais | SME SP, (2019b) | 82-84 |
| 43 | 03_SD3_A06 | Sem saneamento, não dá! | SME SP, (2019b) | 84-88 |
| 44 | 03_SD3_A07 | Doenças causadas pela contaminação de águas poluídas | SME SP, (2019b) | 88-89 |
| 45 | 03_SD3_A08 | Conhecendo o Rio Tietê | SME SP, (2019b) | 90-95 |
| 46 | 03_SD3_A09 | Cuidando da água da nossa cidade | SME SP, (2019b) | 96 |
| 47 | 03_SD4_A01 | Festa brasileira | SME SP, (2019b) | 101 |
| 48 | 03_SD4_A02 | Receitas de família | SME SP, (2019b) | 101-103 |
| 49 | 03_SD4_A03 | Pesquisa sobre os hábitos alimentares da família | SME SP, (2019b) | 103-104 |
| 50 | 03_SD4_A04 | Os alimentos e a diversidade cultural | SME SP, (2019b) | 105-107 |
| 51 | 03_SD4_A05 | Comidas brasileiras: um caldeirão de misturas | SME SP, (2019b) | 108-111 |
| 52 | 03_SD4_A06 | Misturando os ingredientes | SME SP, (2019b) | 111-114 |
| 53 | 03_SD4_A07 | Transformando os alimentos | SME SP, (2019b) | 115-119 |
| 54 | 03_SD4_A08 | Alimentos contaminados em festas | SME SP, (2019b) | 119-123 |
| 55 | 04_SD2_A01 | Velocidade e energia | SME SP, (2019c) | 38-44 |
| 56 | 04_SD2_A02 | Luz e energia | SME SP, (2019c) | 45-50 |
| 57 | 04_SD2_A03 | Diferentes formas de energia | SME SP, (2019c) | 51-54 |
| 58 | 04_SD2_A04 | Energia e alimentação | SME SP, (2019c) | 55-60 |
| 59 | 04_SD2_A05 | É hora de dormir | SME SP, (2019c) | 60-64 |
| 60 | 04_SD2_A07 | Fotografias e energia | SME SP, (2019c) | 66 |
| 61 | 04_SD3_A01 | As serpentes de Campinas | SME SP, (2019c) | 73-74 |
| 62 | 04_SD3_A02 | Comida de dinossauro | SME SP, (2019c) | 74-79 |
| 63 | 04_SD3_A03 | As lontras-do-mar e os ouriços-marinhos | SME SP, (2019c) | 80-82 |
| 64 | 04_SD3_A04 | A horta da vizinha | SME SP, (2019c) | 82-85 |
| 65 | 04_SD3_A05 | Pega-pega | SME SP, (2019c) | 86-92 |
| 66 | 04_SD3_A06 | Retomando o experimento | SME SP, (2019c) | 92-94 |
| 67 | 04_SD3_A07 | Pinguins | SME SP, (2019c) | 95-97 |
| 68 | 04_SD3_A09 | As serpentes invasoras | SME SP, (2019c) | 99-100 |
| 69 | 04_SD4_A01 | Vida em outros planetas | SME SP, (2019c) | 105 |
| 70 | 04_SD4_A02 | A corrida espacial | SME SP, (2019c) | 106-109 |
| 71 | 04_SD4_A03 | Um olhar para nossa casa | SME SP, (2019c) | 109-115 |
| 72 | 04_SD4_A04 | A Terra e os outros planetas do Sistema Solar | SME SP, (2019c) | 115-120 |
| 73 | 04_SD4_A05 | Comparação de tamanhos e distâncias no Sistema Solar | SME SP, (2019c) | 120-123 |
| 74 | 04_SD4_A06 | Para aprender mais sobre o tema | SME SP, (2019c) | 123-126 |
| 75 | 04_SD4_A07 | A vida na Terra e em outros planetas | SME SP, (2019c) | 126-128 |
| 76 | 06_SD1_A02 | Como será a Terra por dentro? | SME SP, (2019d) | 16-18 |
| 77 | 06_SD1_A03 | Evidências indiretas para conhecer o interior da Terra | SME SP, (2019d) | 18-25 |
| 78 | 06_SD2_A03 | Lá vem a água e o ar! | SME SP, (2019d) | 53-57 |
| 79 | 07_SD1_A01 | Os Tupinambás e a influência da Lua | SME SP, (2019e) | 13-16 |
| 80 | 07_SD2_A06 | Músculos e ossos do corpo humano | SME SP, (2019e) | 69-74 |
| 81 | 08_SD5_A01 | A história dos motores | SME SP, (2019f) | 163-167 |
| 82 | 08_SD5_A02 | A sociedade e as máquinas | SME SP, (2019f) | 167-172 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 83 | 08_SD5_A07 | O frio e o quente | SME SP, (2019f) | 192-193 |
| 84 | 08_SD6_A06 | Luz e cores | SME SP, (2019f) | 225-232 |
| 85 | 08_SD7_A01 | Cheiroso ou gostoso: que sabor é esse? Parte 1 | SME SP, (2019f) | 241-244 |
| 86 | 08_SD7_A04 | Sabores cerebrais | SME SP, (2019f) | 252-254 |
| 87 | 08_SD7_A05 | Memória cheirosa | SME SP, (2019f) | 254-258 |
| 88 | 09_SD1_A03 | A natureza elétrica da matéria | SME SP, (2019g) | 16-19 |
| 89 | 09_SD1_A04 | Descargas elétricas | SME SP, (2019g) | 19-22 |
| 90 | 09_SD2_A05 | A origem do universo para a ciência | SME SP, (2019g) | 62-67 |
| 91 | 09_SD2_A06 | As estrelas paradas | SME SP, (2019g) | 68 |
| 92 | 09_SD3_A02 | Vida microbiana | SME SP, (2019g) | 76-80 |
| 93 | 09_SD3_A03 | A ciência experimental da vida | SME SP, (2019g) | 80-89 |
| 94 | 09_SD3_A04 | A Terra nos primórdios e hoje em dia | SME SP, (2019g) | 89-99 |
| 95 | 09_SD3_A05 | Formas primitivas de vida | SME SP, (2019g) | 100-106 |
| 96 | 09_SD3_A06 | Como a vida se originou no planeta Terra | SME SP, (2019g) | 106-108 |
| 97 | 09_SD5_A04 | O que muda de pais para filhos? | SME SP, (2019g) | 169-176 |
| 98 | 09_SD6_A02 | O sexo das moscas | SME SP, (2019g) | 200-205 |
| 99 | 09_SD6_A03 | Organismos transgênicos | SME SP, (2019g) | 206-210 |
| 100 | 09_SD6_A06 | Manipulação de seres humanos | SME SP, (2019g) | 220-228 |
| 101 | 09_SD7_A02 | O que causa o magnetismo na Terra? | SME SP, (2019g) | 237-242 |
| 102 | 09_SD7_A04 | A estrutura interna da matéria | SME SP, (2019g) | 246-251 |