UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Instituto de Física "Gleb Wataghin", Instituto de Química, Instituto de Geociências e Faculdade de Educação

IVO BERNARDI DE FREITAS

DIÁLOGOS POSSÍVEIS ENTRE A HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS E A INTERDISCIPLINARIDADE NO ENSINO DE CIÊNCIAS: O CASO DA FABRICAÇÃO DE SODA NA EUROPA DOS SÉCULOS XVIII E XIX

CAMPINAS

2023

IVO BERNARDI DE FREITAS

DIÁLOGOS POSSÍVEIS ENTRE A HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS E A INTERDISCIPLINARIDADE NO ENSINO DE CIÊNCIAS: O CASO DA FABRICAÇÃO DE SODA NA EUROPA DOS SÉCULOS XVIII E XIX

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática (PECIM) do Instituto de Física "Gleb Wataghin", Instituto de Química, Instituto de Geociências e Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Doutor em Ensino de Ciências e Matemática na área de Ensino de Ciências e Matemática

Orientador: Prof. Dr. Gildo Girotto Júnior
Coorientadora: Profa. Dra. Adriana Vitorino Rossi

ESTE TRABALHO CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA TESE DEFENDIDA PELO ALUNO IVO BERNARDI DE FREITAS, E ORIENTADA PELO PROF. DR. GILDO GIROTTO JÚNIOR

CAMPINAS
2023

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Física Gleb Wataghin
Lucimeire de Oliveira Silva da Rocha - CRB 8/9174

F884d

Freitas, Ivo Bernardi de, 1989-
Diálogos possíveis entre a história das ciências e a interdisciplinaridade no ensino de ciências : o caso da fabricação de soda na Europa dos séculos XVIII e XIX / Ivo Bernardi de Freitas. – Campinas, SP : [s.n.], 2023.

Orientador: Gildo Girotto Júnior.
Coorientador: Adriana Vitorino Rossi.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Física Gleb Wataghin.

1. História da ciência. 2. Abordagem interdisciplinar do conhecimento. 3. Ensino de ciências. I. Girotto Júnior, Gildo, 1985-. II. Rossi, Adriana Vitorino, 1965-. III. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Física Gleb Wataghin. IV. Título.

Informações Complementares

Título em outro idioma: Possible dialogues between history of science and interdisciplinarity in science education : the case of sodium carbonate manufacturing in Europe in the 18th and 19th centuries
Palavras-chave em inglês:
History of science
Interdisciplinary approach to knowledge
Science teaching
Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática
Titulação: Doutor em Ensino de Ciências e Matemática
Banca examinadora:
Gildo Girotto Júnior [Orientador]
Silvia Fernanda de Mendonça Figueirôa
Mauricio Compiani
Ivã Gurgel
José Otavio Baldinato
Data de defesa: 21-08-2023
Programa de Pós-Graduação: Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)
- ORCID do autor: https://orcid.org/0000-0002-0162-5737
- Currículo Lattes do autor: http://lattes.cnpq.br/5835405645656583

COMISSÃO EXAMINADORA

Data: 21/08/2023

Prof. Dr. Gildo Girotto Júnior (PRESIDENTE – ORIENT.)

Profa. Dra. Silvia Fernanda de Mendonça Figueirôa – Universidade Estadual de Campinas

Prof. Dr. Mauricio Compiani – Universidade Estadual de Campinas

Prof. Dr. Ivã Gurgel – Universidade de São Paulo

Prof. Dr. José Otavio Baldinato – Instituto Federal de São Paulo

A Ata de defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa da Unidade.

Aos professores e às professoras das escolas públicas brasileiras que lutam por um outro tipo de escola, um outro tipo de mundo.

Pergunto coisas ao buriti; e o que ele responde é: a coragem minha. Buriti quer todo o azul, e não se aparta de sua água - carece de espelho. Mestre não é quem sempre ensina, mas quem de repente aprende.

JOÃO GUIMARÃES ROSA, GRANDE SERTÃO: VEREDAS

AGRADECIMENTOS

O doutoramento sempre foi um sonho de minha vida acadêmica. Desde o ingresso no Programa de Pós-Graduação Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática (PECIM) da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), passando por todo processo até a finalização desta tese, contei com o suporte e ajuda de muitas pessoas principalmente durante o período da pandemia de covid-19. Como esta própria pesquisa faz questão de mencionar, as ciências são atividades coletivas. Dessa forma, sem a pretensão de retribuir toda a generosidade recebida por todas as pessoas durante essa etapa, farei agradecimentos na perspectiva de demonstrar um pouco da minha gratidão às pessoas que mais participaram do processo desta pesquisa. Agradeço então:

Ao meu orientador, Professor Gildo Girotto Júnior, por ter aceitado me orientar, por todo o suporte e compreensão durante esses seis anos de parceria e pelas incontáveis contribuições para esta pesquisa e para a minha formação intelectual, acadêmica e profissional.

À minha coorientadora, Professora Adriana Vitorino Rossi, também pelo suporte e apoio durante esse tempo e pelas contribuições feitas à pesquisa e à minha formação.

À minha ex-orientadora de mestrado e doutorado, Professora Ana Flávia Nogueira, por todo suporte à minha formação científica e profissional.

Aos Professores e Professoras que aceitaram participar da minha banca de defesa, Ivã Gurgel, José Otavio Baldinato, Silvia Fernanda de Mendonça Figueirôa, Maurício Compiani, Tathiane Milaré, Alexandre Bagdonas Henrique, Ana de Medeiros Arnt e Maurício Urban Kleinke. Agradeço novamente aos Professores Ivã e José Otavio e à Professora Silvia pela participação e contribuições feitas no meu exame de qualificação de doutorado, além do Professor André Koch Torres Assis e Professora Tathiane pela participação como suplentes. Reitero meus agradecimentos à Professora Silvia pelas contribuições durante todo esse percurso, seja em discussões em sala de aula ou fora dela, pelo apoio, acolhimento em períodos difíceis e colaboração na construção desta pesquisa e por toda parceria.

Aos Professores e às Professoras do PECIM que contribuíram para a minha formação acadêmica e, de forma direta ou indireta, à essa pesquisa.

À Lia Silva, pelos serviços de revisão e à Minéya Gimenes Fantim, pelos serviços de tradução desta tese.

Aos colegas, amigos e amigas dos grupos de Pesquisa em Educação em Ciências (PEmCie) e Pesquisas em Química Analítica e Educação (GPQUAE) pelas trocas de ideias, discussões e contribuições para minha formação e pesquisa. Aos inúmeros amigos e amigas pelas ideias, risadas, apoio e compreensão, principalmente durante o período de quarentena. Aos colegas, amigos e amigas do Cursinho Pré-vestibular Popular TRIU pelas intensas trocas, afetivas e intelectuais, ao longo desses anos.

Aos Institutos de Física "Gleb Wataghin", Química e Geociências e à Faculdade de Educação da Unicamp, seus Professores, Professoras, funcionários, funcionárias e discentes por todo apoio nas diferentes etapas do curso de doutorado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento parcial do meu antigo doutorado, que contribuiu para minha formação técnica e profissional.

À Universidade Virtual do Estado de São Paulo (Univesp), pela bolsa do Programa de Formação Didático-Pedagógico para Cursos de Modalidade a Distância.

À Unicamp, por me formar como pessoa e profissional e me acompanhar nos últimos quinze anos.

À minha psicóloga, Renata Sobral, pelo apoio e suporte prestado durante toda a etapa.

Ao meu pai, José Pedro de Freitas, à minha mãe, Carmen Nanci Bernardi de Freitas e ao meu irmão, Gabriel Bernardi de Freitas, por terem investido e apoiado minha formação e meus estudos, além de terem contribuído para a minha sede por um outro tipo escola, um outro tipo de mundo.

RESUMO

O currículo tem sido organizado historicamente pela supremacia da disciplinarização, da especialização, do controle, do isolamento, da erudição, do enfraquecimento de professores e professoras enquanto profissionais produtores de conhecimento e cultura e da invisibilidade de estudantes como sujeitos que também participam das relações sociais dentro da escola. A disciplina que marca a escola, professores e estudantes, não é apenas um conjunto de conhecimentos específicos, mas também se constitui como cultura, marcando as relações de poder no ambiente escolar. Porém, a História das Ciências, em uma vertente social e cultural, nos revela que as ciências são atividades coletivas, feitas de diálogos entre os diversos sujeitos, seus contextos de produção e entre os diferentes conhecimentos científicos. Dessa forma, a presente pesquisa pretendeu investigar qual a contribuição da História das Ciências nessa vertente para promover uma interdisciplinaridade crítica na escola e combater os processos de fragmentação no currículo escolar, caminhando em direção a um currículo mais integrado, essencialmente no âmbito do Ensino de Ciências. Para isso, realizamos uma pesquisa histórica em fontes secundárias sobre o episódio histórico da fabricação de soda na Europa dos séculos XVIII e XIX, um caso importante que nos ajuda a entender a ascensão da indústria química no mundo contemporâneo e suas conjunturas sociais. A partir do episódio, procuramos evidenciar os diálogos existentes entre os conhecimentos científicos, seus diversos contextos, o papel coletivo da atividade científica, seu caráter histórico e social contribuindo para se pensar a interdisciplinaridade escolar numa vertente crítica. Através da análise das fontes secundárias do episódio, buscamos suas potencialidades interdisciplinares para o Ensino de Ciências segundo critérios que extraímos de nossas leituras teóricas. Procuramos a possibilidade de promover maior diálogo entre os conteúdos e disciplinas escolares, permitir o tratamento de contextos sociais, políticos, culturais e econômicos que envolvem as ciências e a possibilidade de evidenciar o caráter coletivo, histórico e social das ciências. Nossos resultados mostram que o episódio histórico não pode ser tratado em sua totalidade através apenas da disciplina escolar química, mas necessita também de outras disciplinas para a compreensão dos seus diversos contextos, como da Revolução Industrial, da Revolução Francesa, da extração da soda a partir de fontes naturais, dos processos físicos nas fábricas e dos diversos contextos que as indústrias de soda se inseriram.

ABSTRACT

The school curriculum has been historically ruled by the supremacy of disciplinarization, specialization, control, isolation, erudition, extenuation of teachers as professionals who generate knowledge and culture, and poor visibility of students as agents who also take part on social relations within the school. The discipline, that permeates school, teachers and students, does not refer only to a set of specific knowledge, but also constitutes itself as a culture, pervading power relations at the school setting. History of Science, however, in a social and cultural perspective, shows us that science is about collective activities, made up by dialogues among several subjects, the context in which they are inserted and different scientific knowledge. Thus, this research aimed to investigate how History of Science, in this perspective, contributes to foment a critical interdisciplinarity at school and fight school curriculum fragmentation processes, moving towards a more integrated curriculum, essentially when it comes to teaching science. In order to do so, we carried out historical research with secondary sources regarding the historical episode of soda manufacturing in Europe in the 18th and 19th centuries, an important case that helps us understanding the rise of chemical industry in contemporary world and its social context. Heading from this episode, we aimed to stand out the existing dialogues among scientific knowledge, their several contexts, the collective role played by scientific activity, its historical and social feature, contributing to think about school interdisciplinarity in a critical perspective. Through the analysis of the secondary sources of the episode, we looked for their interdisciplinarity potential for teaching science, according to criteria found in theoretical readings. We looked for the possibility of promoting a greater dialogue between school subjects and contents, enabling to consider social, political, cultural and economic contexts that surround science and the possibility of shedding light over the collective, historical and social aspect of science. Our results show that the historical episode cannot be completely treated only through chemistry subject, but also demands another subjects, in order to cover its several contexts, such as the Industrial Revolution, French Revolution, the extraction of soda from natural sources, the physical processes in factories and another several contexts in which the soda industries took place.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Abordagem disciplinar para o entendimento ou solução de um determinado problema 44
Figura 2 – Abordagem multidisciplinar para o entendimento ou solução de um determinado problema 45
Figura 3 – Abordagem interdisciplinar para entendimento ou solução de um determinado problema 45
Figura 4 – Relação mútua entre a integração entre diferentes disciplinas e um entendimento mais crítico da sociedade 48
Figura 5 – Possíveis relações entre as ideias de interdisciplinaridade crítica e a pedagogia crítica do lugar/ambiente em uma perspectiva de integração entre conhecimentos disciplinares 53
Figura 6 – Dialética interescalar da compreensão interdisciplinar crítica das partes e do todo 56
Figura 7 – Os diálogos entre as disciplinas escolares, as escalas e entre as partes e o todo de determinado estudo científico 58
Figura 8 – Relações entre domínios, escalas e diálogos em uma abordagem interdisciplinar 60
Figura 9 – A produção de uma interface de conhecimento 62
Figura 10 – Entendimento de uma abordagem interdisciplinar no ensino e aprendizagem de ciências 63
Figura 11 – Critérios necessários para a construção de um currículo interdisciplinar 67
Figura 12 – A interdisciplinaridade no ensino e aprendizagem de ciências 69
Figura 13 – Relações entre Ensino de Ciências e História das Ciências produzindo um entendimento mais global das ciências 80
Figura 14 – Critérios para o entendimento das ciências para a promoção das frutíferas parcerias entre História das Ciências e educação científica 84
Figura 15 – Relações entre ciências e história 88
Figura 16 – História, Ensino e interdisciplinaridade das ciências 91
Figura 17 – Critérios globais para a análise do episódio histórico 103
Figura 18 – *Sargassum,* fotografado na costa de Wimereux, norte da França, 16 de julho de 2016 121
Figura 19 – *Salicornia europaea,* perto de Southampton, sul da Inglaterra, 2006 121

Figura 20 – *Salsola soda*, 27 de setembro de 2018 122
Figura 21 – Fontes naturais: diálogos com as ciências biológicas e as geociências 124
Figura 22 – Contextos: diálogos com as Ciências Humanas e Sociais 129
Figura 23 – O processo Leblanc: contextos químicos, históricos e sociais..... 132
Figura 24 – O papel coletivo, humano e social da atividade científica e tecnológica..... 135
Figura 25 – Contradições historiográficas..... 139
Figura 26 – À volta das fábricas de soda: relações CTSA 147
Figura 27 – As questões ambientais no episódio da fabricação de soda 150
Figura 28 – O processo Solvay..... 152
Figura 29 – Mais relações CTSA no processo Solvay 154
Figura 30 – Alographia dos álcalis, de José Mariano da Conceição Veloso (1798)..... 156
Figura 31 – Diálogos presentes no estudo do contexto brasileiro 159
Figura 32 – Domínio econômico da fabricação de soda 160
Figura 33 – Domínio ambiental da fabricação de soda 161
Figura 34 – Domínio social da fabricação de soda..... 162
Figura 35 – Domínio científico da fabricação de soda..... 163
Figura 36 – Múltiplos domínios do episódio da fabricação de soda da Europa dos séculos XVIII e XIX..... 165
Figura 37 – Condições para a promoção de uma abordagem interdisciplinar crítica a partir de episódios históricos das ciências no Ensino de Ciências..... 167
Figura 38 – As relações do processo Leblanc com seus diversos contextos..... 169
Figura 39 – As relações do processo Solvay com seus diversos contextos 170
Figura 40 – Alinhamento entre História das Ciências, historiografia, interdisciplinaridade e pedagogia para a promoção de uma proposta interdisciplinar em contexto escolar 177
Figura 41 – Parceria necessária para a construção de propostas pedagógicas interdisciplinares a partir de casos históricos das ciências no Ensino de Ciências..... 178

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 15
1.1 Das apresentações: a pesquisa e o pesquisador 18
1.2 Da problemática que envolve a pesquisa 22
1.3 Da justificativa da pesquisa 27
1.4 Das hipóteses e o problema de pesquisa 29
1.5 Dos objetivos da pesquisa 32
1.5.1 Objetivo geral 32
1.5.2 Objetivos específicos 33
2 A INTERDISCIPLINARIDADE NO ENSINO E APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS 34
2.1 Uma breve revisão do ensino e aprendizagem interdisciplinar em ciências 34
2.2 Tipologias 43
2.3 A necessária criticidade 47
2.4 As disciplinas escolares 49
2.5 Contribuições da pedagogia crítica do lugar/ambiente 51
2.6 As escalas local e global, macro e micro, horizontal e vertical 54
2.7 A ideia de diálogo 56
2.8 Os múltiplos domínios 58
2.9 Interface do conhecimento 60
2.10 Um entendimento 62
2.11 A interdisciplinaridade pelas lentes do currículo escolar 64
3 AS CONTRIBUIÇÕES DA HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS PARA O ENSINO E APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS 70
3.1 Uma breve revisão sobre a interface entre a História das Ciências e o Ensino de Ciências 70
3.2 História das ciências e ensino 79
3.3 Reflexões e visões sobre as ciências 81
3.4 Reflexões sobre a História das Ciências 84
3.5 As visões historiográficas de Isabelle Stengers e Bernadette Bensaude-Vincent 87
3.6 História das Ciências, Ensino de Ciências e interdisciplinaridade 89
3.7 Alguns exemplos possíveis de diálogos entre a História das Ciências e a interdisciplinaridade no ensino e aprendizagem de ciências 93
4 METODOLOGIA DE PESQUISA 98
5 A FABRICAÇÃO DE SODA NA EUROPA DOS SÉCULOS XVIII E XIX 104

5.1 A Europa Ocidental no século XVIII 105
5.2 O Iluminismo e a dupla revolução 108
5.3 A química no século XVIII 112
5.4 Fontes naturais de obtenção de soda 117
5.5 Precondições para o aparecimento e estabelecimento das fábricas de soda 124
5.6 O processo Leblanc 129
5.7 O papel coletivo, humano e social da atividade científica e tecnológica 132
5.8 Contradições historiográficas: gênio solitário e vítima da revolução? 136
5.9 À volta das fábricas de soda 139
5.10 As questões ambientais 147
5.11 O processo Solvay 150
5.12 O contexto brasileiro 154
5.13 Os múltiplos domínios 159
5.13.1 Domínio econômico 159
5.13.2 Domínio ambiental 161
5.13.3 Domínio social 162
5.13.4 Domínio científico 163
5.13.5 Abordagem interdisciplinar 164
5.14 Implicações para o Ensino de Ciências 165
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 172
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 180

1 INTRODUÇÃO

> *Esta é a esperança que se pode ter na educação. Despertar da ilusão de que todos os seus avanços e melhoras dependem apenas de seu desenvolvimento tecnológico. Acreditar que o ato humano de educar existe tanto no trabalho pedagógico que ensina na escola quanto no ato político que luta na rua por um outro tipo de escola, para um outro tipo de mundo.*
>
> CARLOS RODRIGUES BRANDÃO, O QUE É EDUCAÇÃO

Esta pesquisa trata dos possíveis **diálogos** entre a História das Ciências – considerando uma historiografia que contextualiza e entende as ciências como fenômenos sociais e culturais – e a interdisciplinaridade numa vertente crítica no âmbito do Ensino de Ciências. Para discuti-los, usa-se um estudo de caso referente à história da fabricação de soda na Europa dos séculos XVIII e XIX, que culminou com o surgimento dos processos Solvay e Leblanc e se compreende ter potencial interdisciplinar no Ensino Básico, uma vez que tal episódio, estudado a partir da historiografia mencionada, passa pelo entendimento de conhecimentos, técnicas, procedimentos, aspectos culturais, sociais e políticos que propiciaram a transição na obtenção da soda a partir de fontes naturais para fábricas que a sintetizavam a partir do sal do mar em meio a revoluções sociais, políticas e dos processos de fabricação industrial.

A palavra diálogo baliza todo este texto. Utilizamo-la no mesmo sentido que Mortimer e Scott (2002) usam para diferenciar discurso dialógico de discurso de autoridade. Uma abordagem comunicativa pode ser interativa, envolvendo a participação de mais de um indivíduo, mas não necessariamente é dialógica. O que caracteriza o diálogo é a consideração de diferentes pontos de vista e uma inter-relação de ideias, independente da comunicação ser produzida por um grupo de pessoas ou por um indivíduo solitário. Os diálogos que procuramos nesta pesquisa não se traduzem em mera interação, mas em um processo no qual duas ou mais pessoas, disciplinas, áreas do conhecimento e cientistas colaboram, considerando suas diferentes vozes, para entender uma dada situação que seria improvável sem a construção dessa **interface**.

Ao tratarmos da interdisciplinaridade, e, portanto, de disciplinas, cabe de imediato conceituarmos e diferenciarmos as disciplinas escolares das científicas para evitarmos confusões em nosso texto. A organização do currículo em disciplinas é tão comum e antiga que tendemos a naturalizar essa organização, inclusive tratando disciplina científica como sinônimo de disciplina escolar. Os processos de produção das ciências são diferentes dos

processos de ensinar ciências e, por vezes, são confundidos. Uma disciplina científica pode ser considerada como um conjunto de conhecimentos específicos com epistemologia, objetos de estudo e metodologia próprias, com processos de pesquisa, formação de novos pesquisadores, divulgação e aplicação dos conhecimentos envolvidos também específicos. Já a disciplina escolar caracteriza-se pelo conjunto e combinação da organização de determinado conhecimento escolar, as práticas pedagógicas envolvidas no seu ensino, os processos de avaliação e outros elementos escolares que estão diretamente relacionados com os objetivos sociais educacionais da socialização de um determinado conjunto de conhecimentos (LOPES, 2007). Trataremos de forma mais contundente das disciplinas escolares em nossa pesquisa e, portanto, da interdisciplinaridade no âmbito educacional.

Apesar da interdisciplinaridade escolar envolver vários aspectos dignos de pesquisas e enfrentamentos na escola e nas políticas curriculares, decidimos focar nosso estudo, considerando seus limites, em reflexões sobre como construir maiores diálogos entre os conhecimentos, disciplinas escolares, conteúdos curriculares e sujeitos, procurando subsidiar possíveis construções de propostas interdisciplinares no ensino e reflexões sobre o currículo a partir de contribuições de episódios históricos das ciências. Entendemos que a construção de propostas interdisciplinares é apenas uma parte de um processo bastante amplo, que envolve considerações sobre os professores, as professoras, os estudantes, as estudantes, o currículo, o livro didático, a escola e a articulação da proposta em um contexto de ensino e aprendizagem escolar.

Ainda, para a elaboração de nossa pesquisa envolvendo reflexões sobre propostas interdisciplinares, acreditamos que um entendimento mais contundente sobre o conceito do termo interdisciplinar precisa ser explicitado. Consideramos, como será mais bem explicado ao longo do texto, que a interdisciplinaridade envolve um diálogo entre as **escalas** macro e micro dos fenômenos naturais e sociais que permeiam diferentes **domínios** do conhecimento que também devem dialogar entre si para um entendimento de maior qualidade dos detalhes particulares e dos contextos mais amplos que envolvem os conhecimentos científicos. Esses diálogos entre as escalas e domínios, no contexto escolar, necessitam de diferentes disciplinas escolares e docentes de diferentes especialidades trabalhando de forma horizontal para a integração de conhecimentos buscando atingir uma interface do conhecimento, de forma que se promova um entendimento coerente, singular e **crítico** sobre determinado tema que seria improvável por meio de um olhar unicamente disciplinar. Para essa construção, nos inspiramos nas contribuições da **pedagogia crítica do lugar/ambiente**.

Além disso, consideramos que a abordagem histórica que precisa dialogar com esses entendimentos interdisciplinares deve emergir de uma historiografia contemporânea, principalmente aquela mais próxima dos entendimentos dos ***science studies***. Isso porque uma historiografia tradicional das ciências, ou interpretações consideradas *quasi*-históricas ou *pseudo*-históricas empobreceriam tanto as visões e reflexões sobre as ciências envolvidas no estudo histórico, quanto os potenciais interdisciplinares da proposta como discutiremos mais propriamente ao longo da tese. Um gênero historiográfico focado mais no desenvolvimento **conceitual** das ciências também impediria estabelecer diálogos entre diferentes conhecimentos e contextos.

Pensando nisso, temos nos perguntado já há algum tempo, como será comentado neste texto, como e de que forma episódios históricos das ciências poderiam contribuir para a prática interdisciplinar escolar.

Para começar a responder essa indagação, primeiramente será apresentada a pesquisa e o pesquisador, seguida da problemática que envolve esta tese. Pretendeu-se enquadrá-la no âmbito das pesquisas em Ensino de Ciências e mostrar como o pesquisador e sua trajetória se entrelaçam com esta tese. Pretendeu-se também discutir que as propostas curriculares brasileiras têm demandado a interdisciplinaridade dos professores, das professoras e das instituições, apesar da falta de políticas públicas adequadas para essa efetivação e de um entendimento empobrecido acerca do conceito de interdisciplinaridade.

Ainda, é intenção mostrar que as pesquisas contemporâneas em Ensino de Ciências demandam do ensino e de seus currículos propostas que visam a promoção de um ensino mais democrático e cidadão e, para isso, entende-se a necessidade de se estabelecer um maior diálogo entre as disciplinas escolares e a realidade social dos estudantes para a promoção dessa educação mais democrática. Justifica-se ainda a importância das pesquisas em interdisciplinaridade por meio do argumento de que as tendências atuais no Ensino de Ciências, que têm permeado nossa área de atuação, exigem diálogos entre os diversos conhecimentos.

Apesar disso, inúmeros obstáculos para se efetivar a interdisciplinaridade escolar têm sido reportados na literatura, como por exemplo, na concepção do termo e na forma de colocá-la em prática. Propõe-se, então, a articulação entre a História das Ciências e a interdisciplinaridade, considerando que os entendimentos deste texto proporcionem reflexões para possíveis superações desses obstáculos.

Por fim, procura-se argumentar a favor do diálogo entre os campos teóricos que balizam esta pesquisa, com a finalidade de promover a interdisciplinaridade na escola e fornecer reflexões para professores e professoras de ciências que carecem de auxílio para construir propostas históricas e interdisciplinares fundamentadas para ensinar ciências. Traz-se, então, as hipóteses, o problema de pesquisa e os objetivos da tese.

1.1 DAS APRESENTAÇÕES: A PESQUISA E O PESQUISADOR

Para contextualizar esta pesquisa, faremos as apresentações. Sou professor de química de formação, apesar de atuar hoje com editoração de livros didáticos para a mesma disciplina. Milito e me organizo em torno de um projeto de educação popular em um Cursinho Popular de Campinas ora como professor, ora como coordenador do projeto. Desde que comecei a pensar mais sistematicamente sobre educação e, em especial, Ensino de Ciências, em meados de 2016, quis investigar a questão da interdisciplinaridade na educação científica escolar. Um dos motivos para a escolha do tema é que ele parecia desafiador em seus âmbitos teóricos e práticos: concepções diversas na literatura, nos documentos oficiais e no discurso dos professores e professoras sobre como se entende, como se coloca em prática e porque deve-se efetivar a interdisciplinaridade na escola. Apesar disso, o termo borbulhava nesses mesmos discursos.

No ano de 2016, quando comecei a pensar nessa temática de estudo, havia reingressado no curso de licenciatura em química na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e iniciava minha participação no projeto de educação popular no Curso Pré-Vestibular Popular TRIU, em Campinas. Entre colegas licenciandos e licenciandas e professores e professoras, já debatíamos as questões teóricas, mas principalmente práticas envolvendo a interdisciplinaridade.

Anteriormente, eu havia realizado a graduação em bacharelado em química, o mestrado em química inorgânica e o início de um doutorado na mesma área. Durante esse tempo, decidi atuar com educação após essa passagem pela pós-graduação no Instituto de Química da Unicamp, onde desenvolvi minha dissertação de mestrado na área de nanotecnologia e energia solar. Nessa passagem, percebi que minhas participações em apresentações de seminários e no Programa de Estágio Docente (PED) contribuíam mais para minha felicidade do que as atividades de pesquisa, principalmente no interior do laboratório. Além disso, um lado político aflorava clamando por mudanças. Essas foram as principais

motivações para que eu decidisse me desligar do doutorado em química inorgânica e reingressar na graduação, na modalidade licenciatura. Já reingressado, percebi que diversas crenças e concepções sobre educação e ensino começaram a mudar e como isso era necessário e ao mesmo tempo alegrador.

Em 2017 realizei minha primeira disciplina de estágio obrigatório sob orientação da Professora Maria Inês Petrucci Rosa, desenvolvendo um projeto interdisciplinar no Colégio Técnico de Campinas (Cotuca) da Unicamp sob o tema gerador *A depressão segundo a química, biologia, matemática e língua portuguesa*.

No mesmo ano, comecei a dialogar com meu orientador, Professor Gildo Girotto Júnior, sobre um projeto de pesquisa que investigasse o tema interdisciplinaridade. Debatíamos a importância de se discuti-la no cenário atual de mudanças curriculares, nos contextos de formação de professores. Nas trocas de ideias com minha coorientadora, Professora Adriana Vitorino Rossi, fui convidado a olhar para os processos de fragmentação dentro da escola antes de aceitar os pressupostos da interdisciplinaridade de forma acrítica.

Ingressei no Programa de Pós-Graduação Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática (PECIM) da Unicamp em 2018 com o intuito de investigar os conhecimentos profissionais de professores e professoras envolvidos em práticas interdisciplinares. Porém, ainda questionava meu entendimento sobre o conceito e a prática interdisciplinar: como colocá-la em prática de uma forma crítica, em que os diálogos entre as disciplinas escolares pudessem tornar o entendimento do mundo natural e social dos estudantes e das estudantes mais reflexivo e global?

Após leituras e dois projetos escritos e discutidos, uma especial contribuição surgiu durante o curso da disciplina História e Filosofia das Ciências da Natureza e da Matemática ministrada pela Professora Silvia Fernanda de Mendonça Figueirôa, da Faculdade de Educação da Unicamp. À luz dos referenciais da História das Ciências, comecei a questionar de que forma eles poderiam contribuir e dialogar com os estudos em interdisciplinaridade. Afinal, foi por meio da história que passei a pensar sobre as origens da ciência moderna, de como as disciplinas escolares foram constituídas ao longo do tempo na escola e como a fragmentação do conhecimento penetrou dentro das instituições escolares. Além disso, passei a enxergar diálogos existentes entre os diversos conhecimentos em objetos de estudo históricos das ciências, considerando uma vertente historiográfica que contextualiza as práticas científicas em seus meios sociais e culturais.

Em especial, nessa disciplina, entrei em contato com os trabalhos da Dra. Haira Emanuela Gandolfi, a saber: *As nitreiras no Brasil dos séculos XVIII e XIX: uma abordagem histórica no ensino de ciências* (2014) publicado pela Revista Brasileira de História da Ciência em coautoria com a Professora Silvia e *Os Alambiques no Brasil Colônia: Uma Proposta de Abordagem Histórica e Social no Ensino de Ciências* (2016) publicado pela Química Nova na Escola em coautoria com a Dra. Thayse Zambon Barbosa Aragão e a Professora Silvia, além da dissertação de mestrado da Haira, intitulada *A natureza da química em fontes históricas do Brasil colonial (1748-1855): contribuições da história da exploração mineral para o ensino de química* (2015). Esses trabalhos serviram e servem de inspiração para esta pesquisa. Além das contribuições para o Ensino de Química, os trabalhos mencionados mostram os diálogos interdisciplinares que poderiam ocorrer a partir de um trabalho baseado na História das Ciências. Como outra motivação, Gandolfi e Figueirôa (2013) mostraram que de 1993 a 2013, apenas 31 trabalhos nacionais e internacionais foram encontrados com descrições de propostas claras e concretas empregando o diálogo entre diferentes conhecimentos a partir da História das Ciências.

Dessa forma, originalmente, também pensamos em investigar objetos históricos das ciências no contexto brasileiro, dando maior ênfase aos diálogos interdisciplinares que podem emergir a partir dessa abordagem. Por isso, apresentei no IX Seminário Interno do PECIM, em 2019, o projeto de pesquisa intitulado *Abordagens históricas no Ensino de Ciências e interdisciplinaridade: a ciência e tecnologia no contexto da exploração da cana-de-açúcar no Brasil*.

Paralelamente à pesquisa, participei do Programa de Formação Didático-Pedagógico para Cursos na Modalidade a Distância da Universidade Virtual do Estado de São Paulo (Univesp), iniciei a produção de conteúdos didáticos destinados ao Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) e comecei minha trajetória profissional como editor de textos didáticos em um grupo editorial, me vendo impossibilitado, diante dessas atuações, de empreender uma pesquisa histórica que utilizasse fontes primárias como objeto de estudo. Dessa forma, pensamos em reorganizar a pesquisa de doutorado, ainda procurando diálogos entre História das Ciências e interdisciplinaridade, mas a partir de episódios da História da Química presentes em fontes secundárias de pesquisa que tivessem a preocupação mais atualizada da historiografia das ciências de contextualizar as ciências em suas lógicas internas e externas. As fontes secundárias, apesar de nos distanciar dos textos e contextos originais, permitem avaliar suas potencialidades para professores e professoras que possam entrar em

contato com essas fontes. Além disso, a escolha de nosso episódio, apesar de suas potencialidades, demandaria uma detalhada pesquisa histórica em textos originais franceses do século XVIII.

Dessa forma, após uma leitura em livros de História da Química, encontramos os períodos de expansão industrial na Europa dos séculos XVIII e XIX, os quais julgamos terem potencial para estabelecer diálogos entre diversos conhecimentos científicos e seus diversos contextos. Isso porque, na leitura da narrativa construída pelas pesquisadoras Bernadette Bensaude-Vincent e Isabelle Stengers (1996), passamos a identificar menções à acontecimentos que poderiam ser aprofundados e trabalhados por diferentes disciplinas escolares em um contexto de ensino.

Em especial, a história da fabricação de soda na Europa trata de contextos muito importantes que moldaram o mundo contemporâneo, como a Revolução Industrial e a Revolução Francesa. Além disso, trata das indústrias químicas, que envolvem conjunturas sociais importantes de serem compreendidas pelos estudantes e pelas estudantes.

Durante o processo de pesquisa, apresentamos no 20º Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ), o trabalho intitulado *Relações entre História da Ciência e Interdisciplinaridade no Ensino de Ciências: o caso da fabricação de soda na Europa*; no V Simposio Internacional de Enseñanza de las Ciencias (SIEC), apresentamos o trabalho intitulado *Diálogos interdisciplinares no episódio histórico da síntese da amônia*, que se tornou um capítulo de livro pela *Educación Editora*; no 17º Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia (SNHCT), apresentamos o trabalho *A expansão da indústria química na Europa: diálogos possíveis entre História das Ciências e Interdisciplinaridade no Ensino de Ciências*; e no XIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), apresentamos o trabalho *Contribuições da História da Química para um Ensino Interdisciplinar*. Ainda, publicamos na Revista da Sociedade Brasileira de Ensino de Química (ReSBEnQ), o artigo *Diálogos entre a Interdisciplinaridade e o Episódio Histórico da Fabricação de Soda na Europa dos Séculos XVIII e XIX*. Como desdobramentos do processo de pesquisa, há ainda o objetivo de divulgar nossos resultados em outros periódicos.

Mais recentemente, nos deparamos com as obras de estudiosos do currículo, como Basil Bernstein (1996), evidenciando o currículo como forma de controle social. Nesse sentido, o autor tece críticas à organização curricular disciplinar, já que essa leva ao isolamento das disciplinas escolares e dos sujeitos escolares, havendo um maior controle externo sobre o que acontece na escola, enfraquecendo o papel dos professores e das

professoras. Um movimento a favor de um currículo integrado, considerando a interdisciplinaridade, favoreceria os diálogos, sendo menos sujeito ao controle externo, deslocando as relações de poder existentes. Diálogos que acreditamos estarem presentes nas ciências, atividades coletivas, mas ausentes na construção curricular escolar. Será então que a História das Ciências poderia inspirar o trabalho com um currículo mais dialogado, contribuindo com objetos de estudo potencialmente interdisciplinares?

Entendemos que há vários aspectos que permeiam a questão da interdisciplinaridade na educação escolar. Questões curriculares, das formações inicial e continuada de professores e professoras, das concepções teóricas e práticas do conceito, dos materiais didáticos, das questões estruturais e pedagógicas das escolas, dos conhecimentos profissionais docentes, da identidade profissional e muitos obstáculos para a implementação da interdisciplinaridade escolar que discutiremos mais à frente.

Esta pesquisa se debruçou sobre uma dessas questões: reflexões sobre a construção de diálogos entre as disciplinas escolares a partir da História das Ciências, que é uma das muitas possibilidades dessa construção, para a promoção de propostas interdisciplinares de ensino. Ainda, tais diálogos não encerram um processo que entendemos ser bastante amplo. A seleção de episódios históricos, textos, disciplinas e conhecimentos que faremos é apenas parte de um processo que sozinho não promove a interdisciplinaridade. Ainda seria preciso trabalhar com esses diálogos de forma lógica, sequenciada e articulada em um contexto de ensino e aprendizagem. Os obstáculos para implementar a interdisciplinaridade na escola ainda se colocariam como barreiras para sua realização. Dessa forma, nos inserimos em um recorte das pesquisas sobre interdisciplinaridade, procurando contribuir para suas discussões, mas sem esgotá-las.

Mas de qual interdisciplinaridade estamos falando? Por que ela é importante? Qual História das Ciências poderia contribuir com a interdisciplinaridade? A partir de qual perspectiva historiográfica e pedagógica? Ao longo deste texto, principalmente nos capítulos posteriores, responderemos essas perguntas.

1.2 DA PROBLEMÁTICA QUE ENVOLVE A PESQUISA

Nas últimas décadas, políticas curriculares brasileiras têm demandado da Educação Básica o trabalho educacional em uma perspectiva interdisciplinar e sinalizam a necessidade de formar professores e professoras preparados para o exercício da

interdisciplinaridade. Parâmetros Curriculares Nacionais e Diretrizes Nacionais foram promulgados trazendo essa demanda para as instituições formadoras de professores e professoras e para as escolas brasileiras. Pouco se fez, no entanto, para a formação profissional frente a atuação dessa forma e pouco se fez pelas e para as escolas se organizarem conforme foi demandado. Além disso, os documentos reforçam uma visão empobrecida do conceito de interdisciplinaridade.

No dia 20 de dezembro de 2017, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) foi homologada pelo então ministro da Educação, Mendonça Filho. No ano seguinte, em 14 de dezembro de 2018, Rossieli Soares, ministro da Educação à época, homologou o documento da BNCC para a etapa do Ensino Médio, finalizando o documento da Base.

Esse é um documento normativo de referência nacional para a formulação dos currículos das redes estaduais e municipais e das propostas pedagógicas das escolas. Além de orientar um conjunto de aprendizagens que todos os estudantes e todas as estudantes devem desenvolver ao longo da Educação Básica, o documento traz a organização interdisciplinar dos componentes curriculares como uma das ações que as redes e sistemas de ensino e as instituições escolares devem desenvolver para materializar as aprendizagens essenciais definidas para cada etapa da Educação Básica.

Apesar disso, o documento não define claramente o que entende por interdisciplinaridade, nem porque essa deveria ser efetivada e menos ainda como colocá-la em prática. Apenas disponibiliza um catálogo de competências e habilidades que deveriam ser trabalhados em diferentes áreas do conhecimento. Desconsidera-se ainda a escola, o professor, a professora, o estudante, a estudante e a própria constituição sócio-histórica das disciplinas escolares. As disciplinas escolares não são apenas um conjunto de conhecimentos, habilidades e competências e, portanto, não irão romper facilmente suas fronteiras uma vez que também são formadas por sujeitos com forte identidade disciplinar.

Além disso, concordamos com a análise feita por Filipe, Silva e Costa (2021) que concluem que o documento impõe uma formação para o trabalho e uma padronização de competências e habilidades mínimas em detrimento de uma formação crítica e integral para pleno desenvolvimento de cidadãos e cidadãs críticos e reflexivos de seus papéis na sociedade.

No contexto do Ensino Médio, segmento de meu interesse de atuação e pesquisa, já que é a principal faixa de atuação de professores e professoras de química, a

interdisciplinaridade se tornou uma relevante demanda que se intensificou com a promulgação dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) (BRASIL, 2000a), que propôs uma organização do trabalho educacional em áreas do conhecimento em uma perspectiva interdisciplinar de integração. Nesse sentido, as Diretrizes Curriculares Nacionais de Formação de Professores (DCNFP) (BRASIL, 2002), já sinalizavam a necessidade de formar professores e professoras para o exercício da interdisciplinaridade (CALADO; PETRUCCI-ROSA, 2019).

Em 2010, foram promulgadas as novas Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica (DCNGEB), sendo seguidas pelas novas Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (DCNEM), promulgadas em janeiro de 2012. O termo interdisciplinaridade reaparece de maneira realmente institucionalizada já que, na anterior DCNEM (1998), ela era compreendida como um princípio pedagógico, mas naquele contexto deveria necessariamente ser reservada 20% da carga horária anual para projetos interdisciplinares nas escolas brasileiras (BRASIL, 2010). Na época da discussão, a oferta de um ensino integrado organizado por áreas, nos moldes do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), vinha com o discurso de sanar os problemas da falta de professores especialistas (MOZENA; OSTERMANN, 2014).

Atualmente, a BNCC (BRASIL, 2018) e as novas DCNFP (BRASIL, 2015) demandam do Ensino Médio o trabalho por áreas do conhecimento, assim como os livros do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2021 que foram organizados dessa forma. Ainda, a Resolução CNE/CP n°2, de 20 de dezembro de 2019 que institui a Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica (BNC-Formação) (BRASIL, 2020), demanda que os cursos destinados à formação inicial de professores para a educação básica tenham o trabalho coletivo e o exercício da interdisciplinaridade como fundamentos pedagógicos. O novo Currículo Paulista para a etapa do Ensino Médio (SÃO PAULO, 2020) também traz o tema da interdisciplinaridade tanto como princípio pedagógico como organizador curricular.

A Lei nº 13.415/2017 (BRASIL, 2017) ainda alterou a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) e estabeleceu uma mudança na organização do Ensino Médio (Reforma do Novo Ensino Médio). Definiu-se uma nova organização curricular, dita mais flexível, que contempla a BNCC, ou seja, contempla o trabalho por áreas do conhecimento. Em março de 2022 foi apresentado pelo Ministério da Educação (MEC) o novo formato do ENEM, que se adaptará à reforma do Ensino Médio. Sem o objetivo de entrar em detalhes

sobre esse novo formato, há, pelo menos no discurso oficial, a expectativa de um exame interdisciplinar focado na integração curricular. Vale mencionar que mais de um milhão de pessoas se inscreveram no Sistema de Seleção Unificada (SISU) no primeiro semestre de 2022 usando como base a nota do ENEM para conquistar a tão sonhada vaga em uma Universidade pública.

Em março de 2023, o Ministério da Educação (MEC) abriu consulta pública para tomar decisões a respeito dos atos normativos que regulamentam o Novo Ensino Médio. No dia 07 de agosto de 2023 o MEC divulgou os principais resultados e apresentou propostas e revisões nas leis e bases normativas que compõe a reforma, além de estabelecer um compromisso de não alterar o ENEM para os próximos anos.

Consideramos importante, como desdobramentos futuros para o Ensino Médio, defender: a garantia de uma Formação Geral Básica considerável e de qualidade para todos os estudantes e as estudantes; a ampliação do investimento na etapa; a garantia de aulas presenciais; delineamento de políticas de acesso e permanência; e valorização dos profissionais da educação. Apenas com investimento estrutural e pedagógico garantiremos o direto à educação dos estudantes e das estudantes e o trabalho docente de qualidade.

Não é objetivo desta tese se aprofundar nos problemas envolvidos nos novos documentos e reformas da educação básica. Temos consciência de que parte deles ferem o direito à educação democrática e de qualidade e consideramos importante defender ampla discussão sobre suas reformulações.

A questão que se coloca a partir daqui é que existe um discurso institucional exigindo a interdisciplinaridade no contexto escolar que é demasiado genérico. Não explicita quais os entendimentos sobre o conceito da interdisciplinaridade, nem de como articular a prática seguindo as diretrizes desses conceitos e tampouco as razões para essa implementação. Ainda desconsideram a realidade da escola, dos professores, das professoras, dos estudantes e das estudantes. Então, mostra-se necessário explicitar os entendimentos de interdisciplinaridade desta pesquisa, por que efetivá-la, quando e como fazer. Esses entendimentos e posicionamentos serão mais bem desenvolvidos no capítulo 2 deste texto.

De qualquer forma, a interdisciplinaridade, então, tornou-se um relevante ponto de discussão curricular, de formação de professores e professoras para as instituições formadoras e uma das necessidades da profissão docente vindas das políticas curriculares brasileiras e do ENEM. Porém, além das problemáticas já apresentadas, ao analisar a

literatura sobre a interdisciplinaridade, torna-se evidente um conjunto de obstáculos para a prática da interdisciplinaridade, desde o entendimento do conceito, passando pelos programas de formação inicial e chegando na atuação profissional dentro escola.

Na formação inicial os professores e as professoras normalmente denunciam a falta de atividades interdisciplinares durante a graduação (CAMARGO, 2007) e quando existem, as iniciativas são muito superficiais, em sua maioria vinculadas a discussões e atividades pontuais, ao invés de efetivamente integrar as propostas dos currículos (LISBOA; BEJARANO, 2013).

Já na prática profissional, a literatura evidencia que os professores e professoras alegam que: não têm tempo para reunirem-se e dedicarem-se às leituras e preparação de práticas interdisciplinares; a escola não tem infraestrutura adequada, o que prejudica qualquer tipo de prática pedagógica; há excesso de estudantes em sala de aula e classes muito heterogêneas; os estudantes se desinteressam pelas atividades escolares; possuem carga excessiva de trabalho e não se sentem preparados para lidar com a interdisciplinaridade; os projetos são sempre vindos de cima; e têm medo de não cumprir o conteúdo pré-estabelecido quando propõem uma prática interdisciplinar (AUGUSTO; CALDEIRA, 2007).

A literatura ainda aponta um conjunto de obstáculos muito grande para a efetivação da interdisciplinaridade escolar, como problemas relativos aos estudantes, às instituições, aos currículos e à metodologia interdisciplinar (MOZENA; OSTERMANN, 2014).

Além da falta de apoio ao professor e à professora quando o assunto é interdisciplinaridade, dos condicionantes da escola e da formação docente, a literatura aponta que os docentes e as docentes não têm conseguido se distanciar, na prática, da multidisciplinaridade (AUGUSTO et al., 2004; ROCHA FILHO; BASSO; BORGES, 2006; BATISTA; LAVAQUI; SALVI, 2008). Há falta de consenso em como se efetivar a interdisciplinaridade na sala de aula, de orientação em como criar diálogos entre as disciplinas escolares e material didático adequado (MOZENA; OSTERMANN, 2014).

Foi pensando nas dificuldades de efetivar a prática interdisciplinar que pensamos nos diálogos entre a História das Ciências e a interdisciplinaridade em contexto escolar. Havíamos identificado a potencialidade de usar episódios históricos das ciências para inspirar um trabalho interdisciplinar na escola, já que as propostas com historiografias mais atualizadas encontradas na literatura normalmente apresentam, em suas narrativas,

conhecimentos de mais de uma disciplina escolar se entrelaçando e ainda com seus diversos contextos, como o histórico e o social.

Dessa forma, nosso primeiro passo foi investigar como e de que forma podemos evidenciar os diálogos entre as diferentes disciplinas a partir de episódios históricos das ciências, utilizando um estudo de caso. Isso nos levou à necessidade de explicitar nossos entendimentos e posicionamentos sobre a interdisciplinaridade, buscando responder às seguintes perguntas: de qual interdisciplinaridade estamos falando? Qual entendimento seria possível promover a partir de um caso histórico das ciências? Por que e quando promovê-lo? Construir respostas para essas perguntas é objetivo do capítulo 2 desta tese.

O próximo passo foi explicitar nossos entendimentos e posicionamentos sobre a História das Ciências. O que entendemos por ciências? Por que é importante que os estudantes e as estudantes se apropriem dessas ideias? O que estamos entendendo por História das Ciências? Qual vertente historiográfica proporcionaria o diálogo entre nossos campos teóricos? A partir de qual concepção pedagógica? O capítulo 3 trata dessas questões.

Por fim, nos restou responder: qual a maior potencialidade de nossa proposta interdisciplinar a partir de um caso histórico? O que ela cumpre bem? O que ela não cumpre? No capítulo 5 procuramos deixar isso claro, além de aprofundar as questões trazidas anteriormente.

1.3 DA JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

Bernstein (1996) critica a organização disciplinar argumentando que ela resulta na incapacidade de se dar conta dos problemas sociais que envolvem os estudantes e as estudantes. Segundo tendências curriculares contemporâneas, espera-se que o Ensino de Ciências e os currículos de ciências se comprometam e possibilitem a formação de cidadãs e cidadãos críticos e conscientes, atuantes na sociedade, empoderados cientificamente e socialmente e capazes de tomar decisões relacionadas a temáticas científicas e tecnológicas, que se relacionam com a sociedade, a política, a economia e o meio-ambiente. É visto como necessário que, em uma democracia, todas as cidadãs e cidadãos tenham noções de ciências e sobre as ciências.

De outra forma, os estudantes e as estudantes devem aprender ciências – a aquisição e o desenvolvimento de seu conhecimento conceitual – aprender sobre as ciências –

compreender a natureza e os métodos das ciências, a história de seu desenvolvimento e a compreensão das relações entre Ciências, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) – e aprender sobre as práticas das ciências – desenvolver competências e habilidades relacionadas à investigação e resolução de problemas (HODSON, 2014).

Mais recentemente, temas como Educação Ambiental (SANTOS. CÂNDIDO, 2023), educação para a sexualidade (FERNANDES; LORENZETTI, 2021), educação para a saúde (ASSIS; ARAUJO-JORGE, 2018), estudos das relações CTSA (JESUS; ROCHA; PORTO, 2022), estudos sobre diversidade e inclusão (MACHADO; SIQUEIRA, 2020), sobre ética (SIQUEIRA; SCHEID; KLECHOWICZ, 2018), sobre as relações de gênero (HENDGES; SANTOS, 2023), estudos das relações étnico-raciais (ALVES-BRITO; ALHO, 2022), sobre a cultura digital e Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) (SILVA; ANDRADE, 2021), das contribuições da História, Filosofia, Sociologia e Antropologia das Ciências (GUERRA; MOURA, 2022), da decolonialidade (PINHEIRO, 2019), dos saberes tradicionais (KATO; SANDRON; HOFFMANN, 2021), dos mitos e crenças e das relações entre religião e ciências (ROCHA et al., 2022), dos estudos culturais (DALMASO; NEUSCHARANK, 2019), da educação do campo e da agroecologia (COELHO et al., 2021), das relações entre mídias e o Ensino de Ciências (CARDOSO; GURGEL, 2019), do desenvolvimento sustentável e das relações entre educação e sustentabilidade (SILVA et al., 2020), das relações entre arte, literatura, teatro e ciências (LIMA; PAGLIARINI; AGUIAR JUNIOR, 2021; LUIZ; GINEBRO, 2021), entre outros temas, vêm permeando a produção do conhecimento na área de Ensino de Ciências.

Esses temas levam em conta a importância e a necessidade de se compreender as ciências em seus diversos **domínios**, tais como: físico, químico, biológico, geológico, astronômico, histórico, geográfico, sociológico, filosófico, ético, político, econômico, cultural, ambiental, tecnológico, social, artístico etc., envolvendo, de certa forma, o diálogo entre conhecimentos, ou ainda, a interdisciplinaridade.

Essa interdisciplinaridade, considerando as demandas vindas das pesquisas atuais em Ensino de Ciências, não poderia se limitar ao plano técnico. Entendemos esse plano técnico como uma forma equivocada que busca simplesmente reorganizar as disciplinas em áreas do conhecimento ou a busca por formar pessoas mais flexíveis para o mercado de trabalho, por exemplo. Julie Thompson Klein (2017) e a perspectiva da pedagogia crítica do lugar/ambiente (COMPIANI; ZIMMERMANN; BRIGUENTI, 2020) nos inspiram com a

ideia de **interdisciplinaridade crítica**, que busca promover um entendimento mais crítico do mundo, de forma que um olhar unicamente disciplinar limitaria esse entendimento.

Apenas para ilustrar tal questão, podemos considerar, por exemplo, que um conteúdo específico, como o de *ligação química*, poderia ser trabalhado na escola através de uma abordagem disciplinar, dependendo dos objetivos educacionais e dos contextos envolvidos. Aliás, poderia ser também trabalhado através de uma abordagem histórica que considerasse apenas o desenvolvimento **conceitual** do conteúdo. Porém, se pensarmos nas tendências atuais de pesquisas para a Educação em Ciências (COUTINHO et al., 2022) e quisermos abordar conteúdos científicos dialogando com questões de gênero ou saberes populares ou ainda conhecimentos afrodiaspóricos, dependendo novamente dos objetivos e contextos escolares envolvidos, é provável que a abordagem disciplinar não dê conta da complexidade envolvida. O conteúdo *ligação química* ainda poderia ser trabalhado, mas provavelmente estaria dialogando com outros conhecimentos e outros contextos. Uma historiografia mais adequada para esse caso, considerando a abordagem histórica, consideraria os conhecimentos científicos como históricos, socialmente construídos e validados dentro da cultura, uma **História Social e Cultural das Ciências**, como será mais bem desenvolvido no capítulo 3.

Foi pensando nisso que propomos investigar como e de que forma a História das Ciências, pensando nessa vertente historiográfica, poderia orientar a criação dos diálogos mencionados entre as disciplinas escolares.

1.4 DAS HIPÓTESES E O PROBLEMA DE PESQUISA

Diante das considerações feitas, a hipótese com que trabalhamos nesta pesquisa é de que pode existir uma sintonia, um diálogo entre os campos que pesquisam as contribuições da História das Ciências para o Ensino de Ciências, considerando uma vertente historiográfica que enxerga as ciências dentro de um contexto social e cultural, e as possibilidades e tensões envolvendo uma interdisciplinaridade crítica no ambiente de ensino que possibilitem a construção de práticas interdisciplinares para o contexto escolar.

Consideramos que a História das Ciências nessa vertente pode contribuir com o Ensino de Ciências evidenciando diversos diálogos entre os conhecimentos escolares. É através das contribuições dessa História das Ciências que acreditamos poder apresentar as ciências como atividades humanas construídas socialmente dentro da cultura, passíveis de

transformações, de discussões e de validações. É por meio desse referencial que acreditamos que possam ser criadas possibilidades para se revelar a densa rede de relações em que as ciências se inserem; essas se relacionam com todas as camadas da atividade humana, sejam elas as artes, as religiões, seus contextos históricos, sociais, econômicos, políticos e ambientais de diferentes épocas e culturas; revelam-se também, os dilemas éticos da época, da sociedade, as questões de gênero e de sexualidade envolvidas, as relações étnico-raciais e principalmente, revela-se a complexidade da relação entre os conhecimentos científicos. A perspectiva que se colocou para esta pesquisa é, então, investigar *como* essa História das Ciências pode contribuir para se revelar todas essas potencialidades que consideramos interdisciplinares no contexto escolar.

Acreditamos que objetos de estudo pertencentes à História das Ciências, em uma perspectiva social e cultural, podem se tornar potencialmente interdisciplinares no contexto escolar, já que essa vertente historiográfica pode revelar como os diversos conhecimentos, científicos ou não, dialogam no tempo e no espaço com seus contextos sociais e culturais em diferentes **escalas** e **domínios** criando uma **interface** do conhecimento. Ainda, essa História das Ciências pode demonstrar o caráter coletivo, humano, social e cultural do trabalho científico. Acreditamos que essas contribuições vindas da História das Ciências podem permitir que docentes, estudantes e outros atores escolares estabeleçam também diálogos entre si e entre os conhecimentos científicos, escolares e cotidianos, criando possibilidades para um caminho na direção de um currículo integrado. O objetivo maior desses diálogos insere-se nas propostas contemporâneas para o Ensino de Ciências que visam a formação de cidadãos e cidadãs que possam participar ativamente de decisões, envolvendo as ciências e a tecnologia, socialmente e ambientalmente responsáveis, visando o bem-estar de todos e todas.

Para isso, queremos propor um diálogo entre a História das Ciências, a partir de uma abordagem social e cultural, e a interdisciplinaridade numa vertente crítica, acreditando que a sintonia do tratamento interdisciplinar e de casos históricos das ciências, privilegiando a interpretação das ciências como uma prática cultural e social, beneficiaria ambas as abordagens no contexto escolar.

Dessa forma, vemos a possibilidade de se revelar possíveis diálogos entre os conhecimentos escolares, oferecendo um caminho de reflexão para se pensar a organização, seleção e socialização desses conhecimentos, inclusive para se (re)pensar os currículos e as propostas de ensino existentes.

É, então, na perspectiva de discutir a questão da interdisciplinaridade permeada pelos referenciais da História das Ciências, a partir de uma vertente historiográfica social e cultural das ciências, que articulamos esta pesquisa. São nesses referenciais teóricos que acreditamos ter encontrado possibilidades para refletir sobre as formas de produção e socialização do conhecimento científico e de suas consequências históricas, sociais, políticas e econômicas. São ainda nesses referenciais que propomos uma análise de como os diversos conhecimentos científicos dialogam, aproximam-se e diferenciam-se em diferentes escalas e domínios criando interfaces do conhecimento. Dessa forma, o seguinte questionamento emergiu e orienta o desenvolvimento desta pesquisa: qual a contribuição e de que forma a História das Ciências, privilegiando o entendimento das ciências como fenômeno social e cultural, pode contribuir para os estudos da interdisciplinaridade escolar, considerando sua vertente crítica?

Pretendemos então discutir e pensar o Ensino de Ciências envolvendo os referenciais citados, utilizando como recorte um episódio histórico das ciências, em especial sobre a expansão das indústrias de soda na Europa dos séculos XVIII e XIX. Para isso, o trabalho foi desenvolvido a partir de fontes secundárias de pesquisa, buscando compreender os diversos diálogos, escalas e domínios em que o episódio se insere, através de critérios elaborados a partir de nossos referenciais teóricos, revelando o potencial interdisciplinar que a temática estudada apresenta. Partimos da hipótese de que o episódio histórico mencionado só pode ser compreendido em sua totalidade, no contexto escolar, a partir do estudo de várias disciplinas escolares. Dessa forma, pretendemos analisar suas contribuições para a interdisciplinaridade. A adoção de fontes secundárias será justificada no capítulo 4 desta tese.

Com isso, esperamos contribuir para as discussões sobre a temática da interdisciplinaridade no Ensino de Ciências. Não pretendemos apresentar uma proposta de ensino pronta para a sala de aula, mas sim, discutir as possibilidades de a História das Ciências, na vertente historiográfica apresentada, contribuir para um ensino menos fragmentado, apresentando diálogos possíveis entre os conhecimentos na história. Assim, não pretendemos esgotar as discussões acerca da interdisciplinaridade, visto que temos conhecimento de seus obstáculos para implementação em sala de aula. Temos a intenção de proporcionar reflexões sobre as possibilidades da interdisciplinaridade pela via histórica, apresentando a ideia de diálogos entre os conhecimentos em diferentes escalas e domínios criando uma interface do conhecimento.

Para isso, este texto é apresentado sob a estrutura apresentada a seguir.

No capítulo 2 – *A interdisciplinaridade no ensino e aprendizagem de ciências* – explicitamos nossos entendimentos sobre a interdisciplinaridade e suas implicações no Ensino de Ciências. Procuramos aprofundar a ideia de interdisciplinaridade crítica, dos diálogos entre as disciplinas escolares, das contribuições da pedagogia do lugar/ambiente e trazer os conceitos de escalas, domínios e interface do conhecimento. Além de tratar de um conceito mais epistemológico da interdisciplinaridade, procuramos também analisá-la pelas lentes do currículo escolar.

No capítulo 3 – *As contribuições da História das Ciências para o ensino e aprendizagem de ciências* – explicitamos nossos entendimentos acerca do campo e suas contribuições para o Ensino de Ciências. Explicitamos nossos entendimentos e posicionamentos a respeito da História das Ciências, das ciências e da possível historiografia que poderia contribuir com os estudos em interdisciplinaridade. Pretendemos discutir sobre o que os teóricos e as teóricas que discutem as contribuições da História das Ciências no Ensino de Ciências podem dialogar com a interdisciplinaridade considerando uma historiografia que considera as ciências como fenômenos sociais e culturais.

No capítulo 4 – *Metodologia de pesquisa* – explicitamos nosso caminho metodológico, evidenciando principalmente os critérios de análise que foram escolhidos para analisar a narrativa histórica.

No capítulo 5 – *A fabricação de soda na Europa dos séculos XVIII e XIX* – desenvolvemos nossa análise a partir dos referenciais teóricos trabalhados nos capítulos anteriores, discutindo como o caso histórico pode contribuir para promover a interdisciplinaridade escolar. Discutimos as potencialidades do episódio histórico para o Ensino de Ciências, principalmente buscando diálogos, através de critérios estabelecidos a partir de nossos referenciais teóricos, entre os conhecimentos científicos na história e então, entre as disciplinas escolares.

1.5 DOS OBJETIVOS DA PESQUISA

1.5.1 Objetivo geral

Nesta pesquisa buscamos investigar quais as possibilidades de diálogos e combate às formas de fragmentação do conhecimento escolar, analisando o caso da fabricação de soda

da Europa dos séculos XVIII e XIX à luz da interdisciplinaridade e História das Ciências, procurando compreender como os diferentes conteúdos e as diferentes disciplinas escolares podem dialogar a partir do estudo de um caso histórico das ciências, considerando uma historiografia das ciências atualizada e que contextualiza as ciências em seus meios social e cultural.

1.5.2 Objetivos específicos

Dessa forma, os objetivos específicos desta pesquisa foram:

1 – Buscar, a partir de fontes históricas secundárias, conhecimentos científicos e tecnológicos e seus contextos de produção, desenvolvidos no contexto da expansão industrial química europeia dos séculos XVIII e XIX, através do estudo do episódio histórico da fabricação de soda na Europa;

2 – Tecer diálogos entre os conhecimentos científicos e tecnológicos e entre esses conhecimentos e seus diversos contextos de produção considerando critérios extraídos dos referenciais teóricos;

3 – Investigar as potencialidades interdisciplinares desses diálogos para o Ensino de Ciências, verificando como se dá a possibilidade de se estabelecer diálogos entre as disciplinas escolares com o intuito de promover uma melhor compreensão do episódio e da atividade científica e tecnológica pelos estudantes e pelas estudantes de forma geral.

2 A INTERDISCIPLINARIDADE NO ENSINO E APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS

> *Este exemplo mostra que prestar atenção aos objetos da história da ciência leva não apenas a abandonar o quadro de uma disciplina, mas também a sair do campo da História das Ciências para se aventurar em terras desconhecidas, debruçar-se sobre a crise ecológica e interferir nos debates sobre o Antropoceno.*
>
> BERNADETTE BENSAUDE-VINCENT, INTERDISCIPLINARITÉ OU MÉLANGE DES GENRES EN HISTOIRE DES SCIENCES?

Este capítulo foi organizado buscando responder a seguinte pergunta: de que interdisciplinaridade estamos falando nesta pesquisa? Dessa forma, buscamos explicitar qual é o entendimento e, principalmente, nosso posicionamento acerca da interdisciplinaridade, considerando uma análise a partir de diferentes **tipologias**, trazendo a noção de **interdisciplinaridade crítica**. Para moldar esse entendimento, as ideias centrais utilizadas nesta tese são sobre **diálogo**, **escalas**, **domínios** e **interface**. Além de uma análise epistemológica do conceito de interdisciplinaridade, o conceito também é apresentado pelas lentes do **currículo**. A base do capítulo está em referenciais do discurso, do materialismo histórico e da **pedagogia crítica do lugar/ambiente**. Mas, primeiramente, faremos breves comentários a respeito de um levantamento bibliográfico que fizemos da interdisciplinaridade no ensino e aprendizagem de ciências.

2.1 UMA BREVE REVISÃO DO ENSINO E APRENDIZAGEM INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIAS

Para ter um panorama breve e geral das pesquisas sobre interdisciplinaridade no âmbito do Ensino de Ciências, fizemos uma pesquisa bibliográfica qualitativa em periódicos desse campo de estudo considerando quatro revistas nacionais de relevância e impacto da nossa área de atuação: *Ciência & Educação*, *Ensaio: pesquisa em Educação em Ciências*, *Investigações em Ensino de Ciências* e a *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* (RBPEC). Para contemplar também as pesquisas internacionais, adicionamos em nosso levantamento as revistas *Enseñanza de las Ciencias* e *International Journal of Science Education*. Temos consciência de que nossa escolha impõe limites à revisão da bibliografia, mas acreditamos que esse levantamento nos dá um panorama satisfatório das pesquisas que vêm sendo realizadas sobre a interdisciplinaridade no ensino e aprendizagem de ciências.

Para realizar o levantamento, utilizamos as próprias ferramentas de busca das revistas utilizando os termos *interdisciplinaridade, interdisciplinariedad* e *interdisciplinarity*, selecionando todos os artigos encontrados de todos os anos disponíveis na busca que contivessem alguma dessas palavras no título, resumo ou palavras-chave.

Selecionamos, dessa forma, 95 artigos que estão compilados no Quadro 1. Realizamos a classificação dos artigos em categorias temáticas criadas por nós e apresentamos tais categorias na última coluna do quadro. As categorias criadas são: *Epistemologia* – estudos que focaram principalmente nos fundamentos conceituais da interdisciplinaridade (20 resultados) – *Concepções* – trabalhos focados em estudar como professores, licenciandos ou estudantes interpretam o conceito (6 resultados) – *Formação de professores* – artigos que envolveram o estudo da interdisciplinaridade em contextos de formação inicial ou continuada de professores (26 resultados) – *Currículo* – estudos da interdisciplinaridade curricular (10 resultados) – *Prática* – artigos que propuseram ou avaliaram possibilidades interdisciplinares em contexto de ensino ou na formação de professores (30 resultados) – *Políticas educacionais* – trabalhos que envolveram a análise de documentos, legislações ou avaliações de larga escala (7 resultados) – *Revisão bibliográfica* – estudos que realizaram revisões sobre o termo ou sobre assuntos interdisciplinares (5 resultados) – *História das Ciências* – estudos envolvendo propostas de uso da História das Ciências em atividades interdisciplinares de ensino (2 resultados) – e estudos que envolveram a análise de *Materiais didáticos* (2 resultados) ou *Avaliação* (1 resultado) em práticas interdisciplinares. Os resultados das categorias temáticas superam o número total de artigos pois, em alguns casos, atribuímos mais de uma categoria para um mesmo trabalho.

Quadro 1 - Levantamento bibliográfico realizado sobre o tema interdisciplinaridade no Ensino de Ciências

Revista	Título	Autores	Ano de publicação	Categoria temática
Ciência & Educação	A pesquisa em ensino de ciências e a educação científica em tempos de pandemia: reflexões sobre natureza da ciência e interdisciplinaridade	CATARINO, G. F. C.; REIS, J. C. O.	2021	Epistemologia
Ciência & Educação	Concepções sobre Interdisciplinaridade entre Arte e Ciências: estudo a partir do relato de um professor e de alunos da Educação Básica	FERNANDES JUNIOR, M. A. J.; CALUZI, J. J	2020	Concepções
Ciência & Educação	Formação de professores de Física e interdisciplinaridade: episódios de refração de políticas em narrativas de reforma curricular	CALADO, H. C.; PETRUCCI-ROSA, M. I.	2019	Formação de professores e currículo

Ciência & Educação	Formação continuada de professores de ciências utilizando a Aquaponia como ferramenta didática	SOUZA, R. T. Y. B.; SOUZA, L. O.; OLIVEIRA, S. R.; TAKAHASHI, E. L. H.	2019	Formação de professores
Ciência & Educação	A obra Admirável mundo novo no ensino interdisciplinar: fonte de reflexões sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade	GOÉS, A. C. S.; BORIM, D. C. D. E.; KAUFMAN, D.; SANTOS, A. C. C.; SIQUEIRA, A. E.; VALIM, M. A.	2018	Prática
Ciência & Educação	Políticas públicas de educação ambiental e processos de mediação em escolas de Ensino Fundamental	ARNALDO, M. A.; SANTANA, L. C.	2018	Políticas educacionais
Ciência & Educação	Escrita e autoria em texto de iniciação científica no ensino fundamental: uma outra relação com o saber é possível?	SILVEIRA, J. C.; CASSIANI, S.; LINSINGEN, I. V.	2018	Prática
Ciência & Educação	(Inter)disciplinaridade e transversalidades: o projeto de formação superior da Universidade Federal do ABC	XAVIER, A. M.; STEIL, L. J.; MENA-CHALCO, J. P.	2017	Currículo
Ciência & Educação	O perfil das questões de ciências naturais do novo Enem: interdisciplinaridade ou contextualização?	STADLER, J. P.; HUSSEIN, F. R. G. S.	2017	Políticas educacionais
Ciência & Educação	Interdisciplinaridade e educação ambiental crítica: questões epistemológicas a partir do materialismo histórico-dialético	COSTA, C. A. S.; LOUREIRO, C. F. B.	2015	Epistemologia
Ciência & Educação	Monteiro Lobato em aulas de ciências: aproximando ciência e literatura na educação científica	GROTO, S. R.; MARTINS, A. F. P.	2015	Prática
Ciência & Educação	Nova abordagem para identificar conexões disciplinares usando mapas conceituais: em busca da interdisciplinaridade no Ensino Superior	CORREIA, P. R. M.; CORDEIRO, G. B.; CICUTO, C. A. T.; JUNQUEIRA, P. G.	2014	Epistemologia
Ciência & Educação	Educação ambiental em tempos de transição paradigmática: entrelaçando saberes "disciplinados"	RODRIGUES, A. R. S.	2014	Epistemologia
Ciência & Educação	A área CTS no Brasil vista como rede social: onde aprendemos?	CHRISPINO, A.; LIMA, L. S.; ALBUQUERQUE, M. B.; FREITAS, A. C. C.; SILVA, M. A. F. B.	2013	Epistemologia
Ciência & Educação	Modelo de integração em sala de aula: drogas como mote da interdisciplinaridade	SÁ, M. B. Z.; CEDRAN, J. C.; PAI, D.	2012	Prática
Ciência & Educação	O papel da matematização em um contexto interdisciplinar no ensino superior	LUCCAS, S.; BATISTA, I. L.	2011	Prática
Ciência & Educação	Imagens em narrativa: contraposição cultural e interdisciplinaridade no ensino fundamental	PALEARI, L. M.; BIZ, A. C.	2010	Prática
Ciência & Educação	Investigações sobre o ensino de Genética e Biologia Molecular no Ensino Médio brasileiro: reflexões sobre as publicações científicas	MELO, J. R.; CARMO, E. M.	2009	Revisão bibliográfica

Ciência & Educação	Apropriação discursiva do tema 'interdisciplinaridade' por professores e licenciandos em fórum eletrônico	REZENDE, F.; QUEIROZ, G. R. P. C.	2009	Formação de professores
Ciência & Educação	Mapeamento conceitual como estratégia para romper fronteiras disciplinares: a isomeria nos sistemas biológicos	CORREIA, P. R. M.; DONNER JR.; J. W. A.; INFANTE-MALACHIAS, M. E.	2008	Prática
Ciência & Educação	Subsídios para o uso da História das Ciências no ensino: exemplos extraídos das geociências	SILVA, C. P.; FIGUEIRÔA, S. F. M.; NEWERLA, V. B.; MENDES, M. I. P.	2008	História das Ciências
Ciência & Educação	Interdisciplinaridade em ensino de Ciências e de Matemática no Ensino Médio	LAVAQUI, V.; BATISTA, I. L.	2007	Epistemologia
Ciência & Educação	A construção coletiva interdisciplinar em educação ambiental no ensino médio: a microbacia hidrográfica do Ribeirão dos Peixes como tema gerador	LUCATTO, L. G.; TALAMONI, J. L. B.	2007	Prática
Ciência & Educação	A interdisciplinaridade e o trabalho coletivo: análise de um planejamento interdisciplinar	WEIGERT, C.; VILLANI, A.; FREITAS, D.	2005	Prática
Ciência & Educação	História da ciência, interdisciplinaridade e ensino de física: o problema do demônio de Maxwell	MATTOS, C.; HAMBURGER, A. I.	2004	História das Ciências
Ciência & Educação	Interdisciplinaridade: concepções de professores da área ciências da natureza em formação em serviço	AUGUSTO, T. G. S.; CALDEIRA, A. M. A.; CALUZI, J. J.; NARDI, R.	2004	Concepções
Ciência & Educação	Ciência e tecnologia: implicações sociais e o papel da educação	ANGOTTI, J. A. P.; AUTH, M. A.	2001	Epistemologia
Ensaio	Práticas interdisciplinares na formação inicial de professores de Ciências da Natureza: contextos distintos, indagações similares	MOURA, J. H. C.; PETRUCCI-ROSA, M. I.; MASSENA, E. P.	2021	Formação de professores
Ensaio	Desafios e potencialidades em intervenções curriculares na perspectiva da abordagem temática	FERREIRA, M. V.; MUENCHEN, C.; AULER, D.	2019	Currículo e formação de professores
Ensaio	A formação de professores de ciências na perspectiva interdisciplinar sobre a flutuação para vida no planeta: pelos caminhos da co-docência	SANTOS, A. G. F.; QUEIROZ, G. R. P. C.; DOMINGOS, P.; CATARINO, G. F. C.	2019	Formação de professores
Ensaio	A percepção da matemática em livros didáticos de química	SILVA, K. A. P.; ALMEIDA, L. M. W.	2019	Materiais didáticos
Ensaio	A formação pedagógica no curso de licenciatura em física: articulação entre os campos do conhecimento	ROMANOWSKI, J. P.; SILVA, P. J	2018	Formação de professores
Ensaio	Formação continuada de professores dos anos iniciais da educação básica: impacto do programa formativo de um museu de ciências a partir do viés crítico-reflexivo	PEREIRA, G. R.; PAULA, L. M.; PAULA, L. M.; COUTINHO-SILVA, R.	2017	Formação de professores
Ensaio	Currículo temático fundamentado em Freire-CTS: engajamento de	ROSO, C. C.; SANTOS, R. A.;	2015	Formação de professores

	professores de física em formação inicial	ROSA, S. E.; AULER, D.		
Ensaio	ENEM, temas estruturadores e conceitos unificadores no ensino de física	JOSÉ, W. D.; BRAGA, G. R.; NASCIMENTO, A. Q. B.; BASTOS, F. P.	2014	Políticas educacionais
Ensaio	Uma revisão bibliográfica sobre a interdisciplinaridade no ensino das ciências da natureza	MOZENA, E. R.; OSTERMANN, F.	2014	Revisão bibliográfica
Ensaio	Tendências para o ensino de química: o caso da interdisciplinaridade nos projetos pedagógicos das licenciaturas em química em Goiás	MESQUITA, N. A. S.; SOARES, M. H. F. B.	2012	Políticas educacionais e formação de professores
Ensaio	El uso de actividad de latoratorio de biología para la enseñanza de matemática en los años iniciales: una estrategia interdiciplinaria de enseñanza y aprendizaje	BRIDI, J. H.; SANT'ANA, M. F.; GELLER, M.; SILVA, J.	2010	Prática
Ensaio	Ciências no nono ano do ensino fundamental: da disciplinaridade à alfabetização científica e tecnológica	MILARÉ, T.; FILHO, J. P. A.	2010	Materiais didáticos, prática e epistemologia
Ensaio	Perspectiva pós-moderna e interdisciplinaridade educativa: pensamento complexo e reconciliação integrativa	BATISTA, I. L.; SALVI, R. F.	2006	Epistemologia
Ensaio	Hipermídia na educação: flexibilidade cognitiva, interdisciplinaridade e complexidade	REZENDE, F.; DIAS COLA, C. S.	2004	Epistemologia
Enseñanza de las ciências	Modelización matemática en educación primaria: el brazo hidráulico	SALCEDO TALAMANTES, E.; ALVARADO MONROY, A.; AVIÑA GONZÁLEZ, M. J.	2021	Prática
Enseñanza de las ciências	«Expliquem l'Albufera»: transformar una salida de campo en un proyecto interdisciplinar	ORTEGA-TORRES, E.; MONCHOLÍ PONS, V.	2021	Prática
International Journal of Science Education	Food in science, science in food – Interdisciplinarity in science/chemistry and home economics lower secondary curricula across three countries	FOOLADI, E. C.; TUOMISTO, M; HAAPANIEMI, J..	2023	Prática e currículo
International Journal of Science Education	Using activity theory as an analytical lens to conceptualise a framework for fostering interdisciplinary science habits in postsecondary students	LABOUTA, H. I.; ADAMS, J. D.; ANIKOVSKIY, M.; KENNY, N. A.; REID, L.; CRAMB, D. T.	2022	Epistemologia
International Journal of Science Education	Secondary teachers' instructional practices on argumentation in the context of science and religious education	PARK, W.; ERDURAN, S.; GUILFOYLE, L.	2022	Formação de professores
International Journal of Science Education	Assessment of scientific thinking and creativity in an electronic educational environment	LI, Z.; CAI, X. KUZNETSOVA, M.; KURILOVA, A.	2022	Prática
International Journal of Science	An interdisciplinary approach to primary school mathematics and science learning	TYTLER, R.; MULLIGAN, J.; PRAIN, V.; WHITE, P.;	2021	Prática

Education		XU, L.; KIRK, M.; NIELSEN, C.; SPELDEWINDE, C.		
International Journal of Science Education	Science outside the classroom: exploring opportunities from interdisciplinarity and research–practice partnerships	GUERRERO, G. R.; REISS, M. J.	2020	Prática
International Journal of Science Education	Toward an Analytic Framework of Interdisciplinary Reasoning and Communication (IRC) Processes in Science	SHEN, J.; SUNG, S.; ZHANG, D.	2015	Epistemologia
International Journal of Science Education	Disciplinary Foundations for Solving Interdisciplinary Scientific Problems	ZHANG, D.; SHEN, J.	2015	Prática
International Journal of Science Education	Designing Interdisciplinary Assessments in Sciences for College Students: An example on osmosis	SHEN, J.; LIU, O. L.; SUNG, S.	2014	Prática
International Journal of Science Education	Case-based Long-term Professional Development of Science Teachers	DORI, Y. J.; HERSCOVITZ, O.	2005	Formação de professores
International Journal of Science Education	Assessing conceptual change of teachers involved in STES education and curriculum devleopment - the STEMS project approach	TAL, R. T.; DORI, Y. J.; KEINY, S.	2001	Formação de professores e currículo
International Journal of Science Education	The issue of 'sensitive', interdisciplinary science-oriented curricula in the social service	ZOLLER, U; WEISS, S.	1983	Currículo
International Journal of Science Education	A Reflection on Some Meanings of 'Interdisciplinarity' and 'Integration Among the Sciences'	ARCA, M.; VICENTINI-MISSONI, M.	1981	Epistemologia
Investigações em Ensino de Ciências	Abordagens interdisciplinares na formação inicial de professores das ciências da natureza e da matemática: desafios enfrentados	DREHMER-MARQUES, K. C.; SAUERWEIN, I. P. S.	2022	Formação de professores
Investigações em Ensino de Ciências	Rede de sentidos na formação docente em física: a teoria da atividade como referencial teórico-metodológico	UMPIERRE, A. B.; RITTER, J.	2021	Formação de professores e epistemologia
Investigações em Ensino de Ciências	Contextualização: para além das narrativas sistêmicas a favor da interdisciplinaridade	LEITE, M. B.; SOARES, M. H. F. B.	2021	Epistemologia
Investigações em Ensino de Ciências	Discutindo avaliação para estudantes do ensino fundamental no ensino de ciências: uma estratégia didático-avaliativa baseada em múltiplas representações e neurociência	BICA, M. S. N.; ROEHRS, R.	2021	Avaliação
Investigações em Ensino de Ciências	O conceito de energia em periódicos da área de educação em ciências: a discussão da conservação/degradação de energia em práticas educativas de perspectivas Freire-CTS	HANSEN, T. R.; MARSANGO, D.; BRUM, D. L.; CLERICI, K. S.; SANTOS, R. A.	2020	Revisão bibliográfica e currículo
Investigações	Percepções sobre limites e	LOPES, D. S.;	2019	Formação de

em Ensino de Ciências	possibilidades para adoção da interdisciplinaridade na formação de professores de ciências	ALMEIDA, R. O.		professores
Investigações em Ensino de Ciências	O enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) na reconstrução da identidade profissional docente	RODRÍGUEZ, A. S. M.; DEL PINO, J. C.	2019	Formação de professores
Investigações em Ensino de Ciências	As concepções dos professores sobre a interdisciplinaridade em um modelo alternativo de formação em ciências exatas: possíveis convergências	RAMOS, J. T. J.; SILVA, A. M. T. B.	2018	Concepções
Investigações em Ensino de Ciências	Oficina de aprendizagem: uma proposta metodológica na formação do estudante do ensino médio	MASTELARI, T. B.; ZÔMPERO, A. F.	2017	Prática
Investigações em Ensino de Ciências	O uso de oficinas pedagógicas como estratégia de ensino e aprendizagem: a bacia hidrográfica como tema de estudo	FORNAZARI, V. B. R.; OBARA, A. T.	2017	Prática
Investigações em Ensino de Ciências	Abordagens educacionais das biotecnologias no ensino de ciências através de uma análise em periódicos da área	MARCELINO, L. V.; MARQUES, C. A.	2017	Revisão bibliográfica e prática
Investigações em Ensino de Ciências	Questões de gênero e da natureza da ciência na formação docente	HEERDT, B.; BATISTA, I. L.	2016	Formação de professores
Investigações em Ensino de Ciências	Concepções dos professores da área das ciências da natureza acerca da construção da interdisciplinaridade no ensino médio politécnico: a contribuição dos saberes docentes na realidade de duas escolas do norte gaúcho	CARMINATTI, B.; DEL PINO, J. C.	2015	Formação de professores
Investigações em Ensino de Ciências	Colaborações de uma proposta de ensino e aprendizagem interdisciplinar e contextualizada sob a perspectiva de uma professora de biologia: possibilidades de elaboração e avaliação de um trabalho coletivo	OLIVEIRA, T. B.; CALDEIRA, A. M. A.	2014	Prática
Investigações em Ensino de Ciências	Aprendizagem significativa na EJA: uma análise da evolução conceitual a partir de uma intervenção didática com a temática energia	GOMES, A. T.; GARCIA, I. K.	2014	Prática
Investigações em Ensino de Ciências	Abordagem temática: uma análise dos aspectos que orientam a escolha de temas na situação de estudo	HALMENSCHLAGER, K. R.; SOUZA, C. A.	2012	Currículo e prática
Investigações em Ensino de Ciências	A fragmentação dos saberes na educação científica escolar na percepção de professores de uma escola de ensino médio	GERHARD, A. C.; ROCHA, J. F. B.	2012	Concepções
Investigações em Ensino de Ciências	Interações em espaços de formação docente inicial na perspectiva da (re)construção do currículo escolar na modalidade de situação de estudo	ZANON, L. B.; HAMES, C.; SANGIOGO, F. A.	2012	Formação de professores e currículo
Investigações em Ensino de	Os parâmetros curriculares nacionais para as ciências do	RICARDO, E. C.; ZYLBERSZTAJN, A.	2008	Políticas educacionais

Ciências	ensino médio: uma análise a partir da visão de seus elaboradores			
Investigações em Ensino de Ciências	Interdisciplinaridade escolar no ensino médio por meio de trabalho com projetos pedagógicos	BATISTA, I. L.; LAVAQUI, V.; SALVI, R. F.	2008	Epistemologia
Investigações em Ensino de Ciências	Os parâmetros curriculares nacionais na formação inicial dos professores das ciências da natureza e matemática do ensino médio	RICARDO, E. C.; ZYLBERSZTAJN, A.	2007	Políticas educacionais e formação de professores
Investigações em Ensino de Ciências	Dificuldades para a implantação de práticas interdisciplinares em escolas estaduais, apontadas por professores da área de ciências da natureza	AUGUSTO, T. G. S.; CALDEIRA, A. M. A.	2007	Concepções e formação de professores
Investigações em Ensino de Ciências	Desenvolvimento e avaliação de um sistema hipermídia que integra conceitos básicos de mecânica, biomecânica e anatomia humana	REZENDE, F.; GARCIA, M. A. C.; DIAS COLA, C. S.	2006	Prática
Investigações em Ensino de Ciências	Prática interdisciplinar na formação disciplinar de professores de ciências	PIETROCOLA, M.; ALVES FILHO, J. P.; PINHEIRO, T. F.	2003	Formação de professores
Investigações em Ensino de Ciências	Restrição e extensão do conhecimento nas disciplinas científicas do ensino médio: nuances de uma “epistemologia de fronteiras”	SILVA, E. O.	1999	Epistemologia
RBPEC	A Voz e Vez dos Regentes: Desafios e Possibilidades do Estágio Curricular Obrigatório	LIMA, T. P. P.; SANTOS, T. A. S.	2023	Formação de professores
RBPEC	História do Ensino de Ciências no Brasil: Do Período Colonial aos Dias Atuais	SANTOS, W. R.; GALETTI, R. C. A. F.	2023	Currículo
RBPEC	A Tríade Conteúdo-forma-destinatário: Uma Análise das Práxis Pedagógicas do Ensino de Ciências Orientadas pela Pedagogia Histórico-crítica	PIRES, I. S.; MESSEDER NETO, H. S.	2022	Epistemologia
RBPEC	“Como Ocorre a Construção e Disseminação do Conhecimento Curricular Freireano?” Algumas Sinalizações	MAGOGA, T. F.; MUENCHEN, C.	2021	Epistemologia
RBPEC	Características da Formação de Professores de Ciências Naturais	GOZZI, M. E.; RODRIGUES, M. A.	2017	Formação de professores
RBPEC	Lixo Eletrônico “Uso e Descarte”: uma proposta de intervenção em uma Escola Pública de Vitória-ES	MOROZESK, M.; COELHO, G. R.	2016	Prática
RBPEC	Interdisciplinaridade e fragmentação dos saberes: concepções de educadores do Ensino Médio Politécnico	SOUZA, L. H.; VIAN, V.; OLIVEIRA, E. C.; DEL PINO, J. C.; MARCHI, M. I.	2016	Concepções
RBPEC	A Educação Ambiental como instrumento na formação da cidadania	COLOMBO, S. R.	2014	Epistemologia
RBPEC	Processos seletivos de Universidades Públicas da Região Sul do Brasil: movimento de mudanças a partir do Novo ENEM	COSTA-BEBER, L. B.; MALDANER, O. A.; PANSERA-DE-ARAÚJO, M. C.; GEHLEN, S. T.	2014	Políticas educacionais
RBPEC	Plantas Medicinais no Ensino de	CAVAGLIER, M. C.	2014	Prática

	Química e Biologia: Propostas Interdisciplinares na Educação de Jovens e Adultos	S.; MESSEDER, J. C.		
RBPEC	A Significação do Conceito Energia no Contexto da Situação de Estudo Alimentos: Produção e Consumo	BOFF, E. T. O.; PANSERA-DE-ARAÚJO, M. C.	2011	Prática
RBPEC	Recursos Audiovisuais como temática de pesquisa em periódicos brasileiros de Educação em Ciências	REZENDE FILHO, L. A. C.; PEREIRA, M. V.; VAIRO, A. C.	2011	Revisão bibliográfica
RBPEC	O trabalho interdisciplinar no Ensino Médio: A reaproximação das “Duas Culturas”	HARTMANN, A. M.; ZIMMERMANN, E.	2007	Prática
RBPEC	Interdisciplinaridade na formação de professores de ciências: conhecendo obstáculos	PIERSON, A.; NEVES, M. R.	2001	Formação de professores

Fonte: elaboração própria

O resultado da análise do levantamento mostra que muitos trabalhos associam a interdisciplinaridade ao movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) em uma perspectiva crítica freiriana, além de outros muitos trabalhos discutindo os obstáculos para a efetivação da interdisciplinaridade escolar. O tema Educação Ambiental também aparece de forma contundente exigindo diálogos interdisciplinares.

Entre as temáticas analisadas, evidenciou-se as potencialidades dos diálogos entre arte e ciências, literatura e ciências, religião e ciências e gênero e ciências. Estratégias de promoção da interdisciplinaridade foram também consideradas, como o uso de narrativas, mapas conceituais e o trabalho com projetos. Os laboratórios de ciências, museus e outros espaços não-formais foram considerados locais privilegiados para se promover práticas interdisciplinares.

Por fim, destacamos exemplos temáticos presentes nesse levantamento para a prática interdisciplinar: aquaponia, drogas, bacia hidrográfica, leite, atmosfera, osmose, *big bang*, biotecnologia, lixo eletrônico, braço hidráulico, plantas medicinais, alimentos, relações entre matemática e administração, biomecânica, anatomia humana e energia – tema com maior incidência.

Apesar dessas potencialidades, notamos apenas dois estudos relacionando História das Ciências com o ensino interdisciplinar de forma explícita. No artigo de Mattos e Hamburger (2004), propõe-se um estudo sobre a problemática do “demônio de Maxwell”, envolvendo fenômenos relacionados a várias teorias, como termodinâmica, física molecular, mecânica estatística e teoria da informação podendo ser usado em cursos de graduação para

promover um melhor entendimento dessas teorias em sistemas físicos, químicos, biológicos e da computação, além de questões epistemológicas sobre as ciências.

No trabalho de Silva et al. (2008), ressalta-se a oportunidade de entrelaçar conhecimentos de história, língua portuguesa, ciências e matemática a partir da utilização da História das Ciências. Destacam-se as aproximações entre poesia, ciências e História das Ciências em aulas de língua portuguesa a partir de estudos no contexto do Brasil colônia; entre ciências (processos biológicos e físico-químicos) e meio-ambiente no contexto das investigações de bacias hidrográficas do Estado de São Paulo no início do século XX; e conexões entre ciências e matemática a partir de controvérsias científicas do século XVIII.

Esse breve levantamento realizado mostra que os estudos em interdisciplinaridade no Ensino de Ciências têm sido considerados relevantes, mas ainda carecem de propostas contundentes utilizando episódios históricos das ciências.

Dadas essas considerações, a partir de agora, vamos desenvolver mais propriamente nosso entendimento sobre interdisciplinaridade.

2.2 TIPOLOGIAS

Síntese, integração, mistura ou combinação de conhecimentos de diferentes disciplinas. A interdisciplinaridade tem sido caracterizada, definida e entendida de várias formas ao longo dos anos e por diferentes atores sociais em diferentes culturas. Essa definição e as formas de caracterizar as interações entre diferentes disciplinas em multi, pluri, inter e transdisciplinaridade é extremamente complexa e polissêmica (GUERRERO; REISS, 2020).

Durante a década de 1970, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) patrocinou uma conferência internacional que procurou estabelecer as bases para o entendimento da interdisciplinaridade. Essa conferência produziu definições muito amplas, incluindo vários tipos de interações entre disciplinas sob o guarda-chuva da interdisciplinaridade; desde simples comunicações entre ideias até a integração mútua de conceitos, metodologias, procedimentos, epistemologias, terminologias e dados de diferentes disciplinas (KLEIN, 2017). Com essa definição ampla, fica possível caracterizar a interdisciplinaridade como simplesmente uma mistura, integração ou combinação de conhecimentos disciplinares (FRODEMAN, 2014). Porém, definir dessa forma deixa de fora elementos chave do conceito, podendo simplificá-lo (KNIGHT et al., 2013).

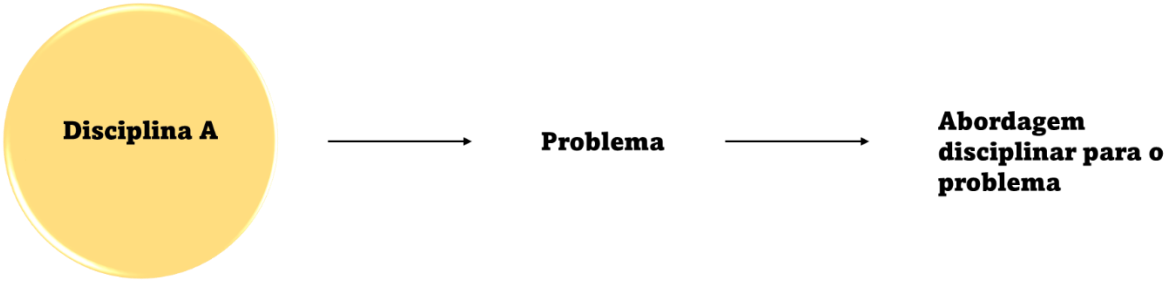
Para Knight e colaboradores (2013), uma forma de definir a interdisciplinaridade é diferenciá-la da multidisciplinaridade. Para os pesquisadores, a multidisciplinaridade faz com que duas ou mais disciplinas trabalhem juntas acerca de um problema, sem integrar os componentes disciplinares. Já na interdisciplinaridade, há uma síntese dos conhecimentos e métodos disciplinares para se promover um entendimento mais holístico de uma dada situação.

Segundo Klein (2017), o termo integração parece ser o mais comum e aceito para caracterizar a interação entre as disciplinas na interdisciplinaridade. A OCDE classifica a multidisciplinaridade como uma justaposição de várias disciplinas, entendida pela autora como uma promoção de um escopo mais amplo de conhecimentos, informações e métodos, mas mantendo a identidade original das disciplinas de forma separada, sem questioná-las. Ainda para Klein (2017), muitos currículos e projetos de pesquisa usam o termo interdisciplinaridade, mas não promovem a integração disciplinar, combinando abordagens disciplinares, mas sem integrá-las em torno de um tema, pergunta ou problema.

A integração pode ser entendida como quando duas ou mais disciplinas interagem em um amálgama: sabemos o que originou o amálgama, mas as propriedades deste são diferentes dos metais separados, isolados ou meramente combinados. Na integração disciplinar, disciplinas interagem dessa mesma forma, rompendo suas fronteiras e buscando um melhor entendimento do todo.

A Figura 1 ilustra a abordagem disciplinar para um problema. A disciplina de origem, considerando seus conhecimentos, informações e métodos procura fornecer um entendimento ou solução para o problema somente por meio de sua perspectiva.

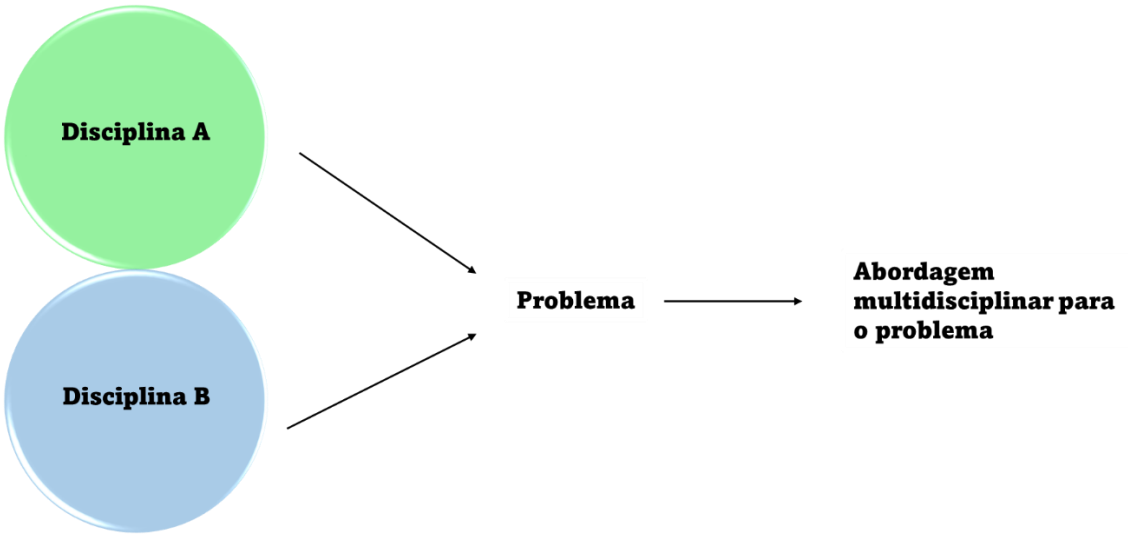
Figura 1 – Abordagem disciplinar para o entendimento ou solução de um determinado problema



Fonte: elaboração própria

A Figura 2 ilustra a abordagem multidisciplinar. Duas disciplinas separadas procuram dar seus entendimentos e soluções para o problema, combinando esses entendimentos e soluções, sem cruzar fronteiras.

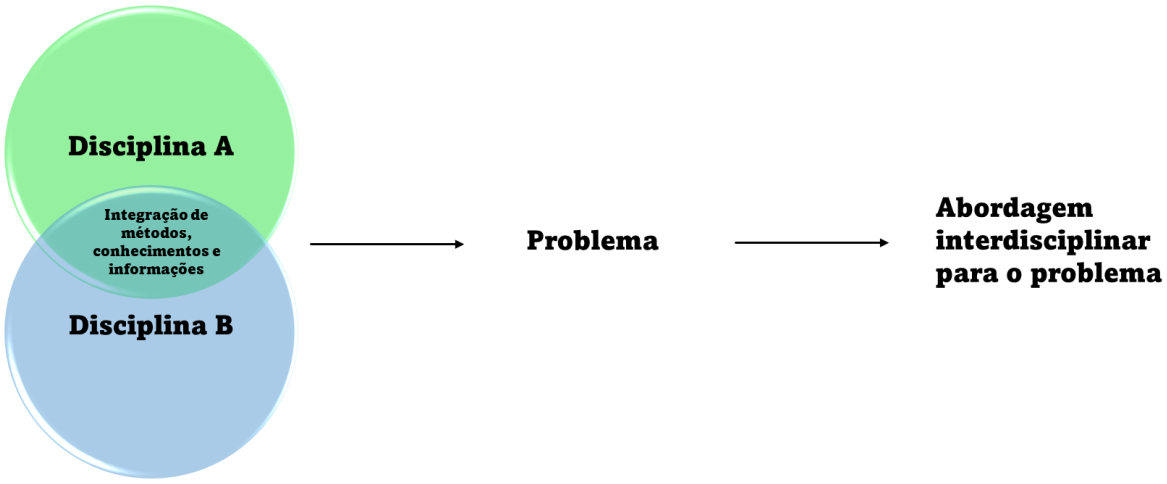
Figura 2 – Abordagem multidisciplinar para o entendimento ou solução de um determinado problema



Fonte: elaboração própria

Por fim, a Figura 3 ilustra a perspectiva interdisciplinar. As disciplinas integram métodos, conhecimentos e informações para promover um entendimento ou solução do problema de forma integrada, rompendo suas fronteiras.

Figura 3 – Abordagem interdisciplinar para entendimento ou solução de um determinado problema



Fonte: elaboração própria

Frodeman (2014) traz um exemplo na geologia. Uma certa pesquisa geológica pode integrar vários tipos de dados: estruturais, mineralógicos, geoquímicos e paleontológicos. Ainda, podem integrar perspectivas culturais, políticas e éticas aos dados. Em uma abordagem multidisciplinar, cada dado seria tratado e interpretado separadamente e depois combinado com os outros para chegar a uma conclusão sobre determinado problema. Já na interdisciplinaridade, partir-se-ia do todo, integrando dados e interpretações conjuntamente para se chegar na interpretação do problema.

Ainda no espectro das definições, pesquisadores e pesquisadoras tentaram caracterizar, procurando estabelecer uma fronteira entre multidisciplinaridade e interdisciplinaridade, formas "falsas" ou "fracas" de interdisciplinaridade, já que mais parecem se aproximar da multidisciplinaridade do que da interdisciplinaridade. Um exemplo é quando um professor de filosofia traz um contexto histórico de um certo movimento filosófico, ou um professor de história traz as bases epistêmicas de um certo momento histórico; nesses casos, fronteiras disciplinares são cruzadas, mas ainda falta a integração (KLEIN, 2017).

Um aspecto essencial para Frodeman (2014) é a questão política por trás do conceito de interdisciplinaridade. É importante ter em mente que a interdisciplinaridade é um conceito em disputa e um discurso contestado. Colaborações entre a academia e empresas privadas para inovações no desenvolvimento de produtos apresentam, por vezes, um propósito interdisciplinar de solução de problemas. Algo diferente ocorre quando pesquisadores, pesquisadoras e outros atores da sociedade produzem de forma colaborativa conhecimento em nome de soluções democráticas para os desafios da sustentabilidade (KLEIN, 2017). A interdisciplinaridade tem entendimentos e propósitos diferentes marcados por interesses distintos.

Ao longo deste texto, os critérios teóricos extraídos dos referenciais desta pesquisa serão esclarecidos. Na análise dos dados históricos, os critérios serão apontados quando permitirem um olhar interdisciplinar a partir da História das Ciências, considerando os entendimentos deste texto. Os critérios elencados serão indicados através de marcadores usando letras maiúsculas em ordem alfabética. Em relação às tipologias, foi eleito o seguinte critério que uma proposta interdisciplinar baseada na História das Ciências, considerando a vertente da História Social e Cultural das Ciências, deve possibilitar:

A. A proposta possibilita integrar os conhecimentos de diferentes disciplinas, cruzando as fronteiras disciplinares.

Para finalizar este tópico, fica em destaque o entendimento de Boix Mansilla, Miller e Gardner (2000) – que será retomado e ampliado mais adiante – que compreendem a interdisciplinaridade como:

> A capacidade de integrar conhecimentos e formas de pensamento em duas ou mais disciplinas ou áreas de especialização estabelecidas para produzir um avanço cognitivo – como explicar um fenômeno, resolver um problema ou criar um produto – de forma que teria sido impossível ou improvável por meios unicamente disciplinares (BOIX MANSILLA; MILLER; GARDNER, 2000, p. 219, tradução nossa).

Nesse entendimento, a integração dos conhecimentos é estabelecida para produzir um avanço cognitivo, um entendimento novo sobre a realidade que uma disciplina isolada não seria capaz de proporcionar. Mas com qual finalidade esse avanço cognitivo deve ser alcançado? Para isso é necessário desenvolver o conceito de criticidade.

2.3 A NECESSÁRIA CRITICIDADE

Klein (2017) compreende que há diferenças entre um entendimento mais instrumental da interdisciplinaridade e um entendimento mais crítico. A interdisciplinaridade instrumental tende a se relacionar com a solução de problemas econômicos e formação de trabalhadores e trabalhadoras mais flexíveis para o mercado de trabalho. Já a **interdisciplinaridade crítica** se relaciona com um entendimento mais questionador do mundo natural e social, com a busca de soluções para problemas sociais e formação de uma cidadania crítica e voltada para a democracia.

O entendimento crítico, para os pesquisadores e pesquisadoras que trabalham com a educação ambiental nesta perspectiva (SILVA; HENNING, 2019), utilizando ferramentas teórico-metodológicas baseadas nas obras de Michel Foucault (1926-1984), passa necessariamente pela interdisciplinaridade, já que essa constitui um modelo pedagógico e epistemológico capaz de realizar uma articulação da política, da ciência e de vários conhecimentos com o propósito de emancipar os sujeitos para transformar a sociedade em um lugar ambientalmente justo.

A educação ambiental crítica se constitui entre três eixos discursivos: a interdisciplinaridade, a emancipação e a transformação. A ideia é olhar para as questões socioambientais através de lentes políticas, científicas e saberes culturais, visando a conquista

da liberdade dos sujeitos para a ativa participação social em questões ambientais (SILVA; HENNING, 2019).

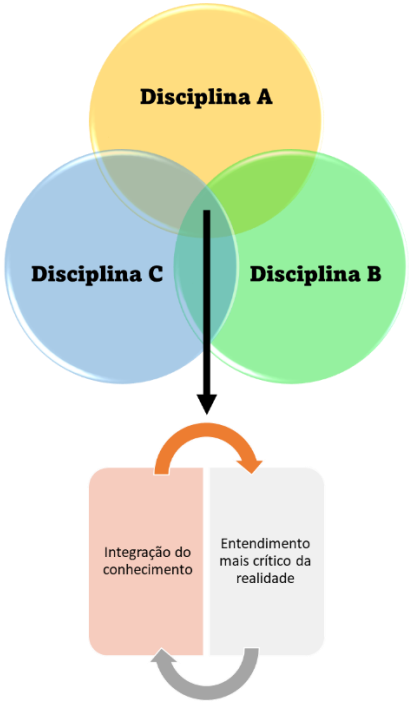
Assim, estabelecemos aqui um paralelo entre a educação ambiental crítica e a ideia da interdisciplinaridade crítica, que entendemos buscar uma integração entre conhecimentos para a emancipação dos sujeitos e a transformação social. A presente tese propõe-se trabalhar com uma interdisciplinaridade crítica para fomentar a ideia de formar cidadãs e cidadãos politicamente conscientes e atuantes na sociedade.

Considerando a interdisciplinaridade crítica, o critério de análise extraído desse referencial para que potencialmente uma proposta baseada em um episódio histórico promova essa interdisciplinaridade é:

B. A proposta promove um entendimento mais crítico do mundo.

Relacionando os critérios A e B, acreditamos que a integração entre os conhecimentos disciplinares deve ser almejada visando um entendimento crítico da sociedade buscando a emancipação e a transformação da realidade. Além disso, um entendimento mais crítico do mundo seria melhor alcançado através da integração entre saberes, métodos e sujeitos de diferentes especialidades. Essa relação é evidenciada na Figura 4.

Figura 4 – Relação mútua entre a integração entre diferentes disciplinas e um entendimento mais crítico da sociedade



Fonte: elaboração própria

A partir de agora, a interdisciplinaridade escolar será especificamente tratada. As disciplinas escolares e as disciplinas científicas possuem diferenças, já que têm construções sócio-históricas diferentes, visto que há diferenças na constituição do conhecimento escolar e do conhecimento científico. Dessa forma, aprofundaremos sobre as diferenças entre as disciplinas escolares e as disciplinas científicas para dar prosseguimento ao entendimento da interdisciplinaridade na educação escolar.

2.4 AS DISCIPLINAS ESCOLARES

Para Goodson (1983, 1996), as disciplinas escolares são uma construção histórica, social e política e não têm por base somente o conhecimento científico de referência. As disciplinas escolares são amálgamas ou culturas híbridas (ou discursos híbridos, não advindo somente da cultura científica ou acadêmica) – como conceituou Ball (1994; 1998) – e compreendem a organização de determinado conhecimento escolar, as práticas pedagógicas envolvidas no seu ensino, os processos de avaliação e outros elementos escolares que estão diretamente relacionados com os objetivos sociais educacionais da socialização de um determinado conjunto de conhecimentos que são disputados constantemente.

Há, em torno das disciplinas escolares, conflitos por *status*, recursos ou territórios, em que os atores sociais envolvidos disputam carga horária, investimento, poder e espaço no currículo. Todas essas questões envolvendo as disciplinas escolares são distintas das finalidades sociais do mundo acadêmico e do mundo científico, que são marcados por outros interesses, pelo atendimento a outras demandas sociais e constituído por outra trajetória histórica (LOPES, 2005).

O conhecimento escolar é então determinado por cada sociedade em diferentes tempos históricos, considerando aspectos culturais e políticos diferentes, é disputado por grupos ideológicos diferentes e, portanto, não é determinado apenas pelo conhecimento científico de referência, mas é recontextualizado (BERNSTEIN, 1996; 1998), dependendo de como determinada sociedade, completamente heterogênea, seleciona o que as pessoas de determinado tempo histórico de certa sociedade, considerando diferentes classes sociais, gênero, raça etc. devem aprender com determinada finalidade social. As disciplinas escolares constituirão, dessa forma, esse conhecimento, as formas de ensino, seleção, avaliação, produção de diplomas, legitimação da aprendizagem, atividades realizadas etc.

Nessa constituição, diferentes discursos são deslocados de contexto: do discurso científico, da academia, dos centros de pesquisa, dos órgãos oficiais, de agências internacionais (como Unesco e Banco Mundial), de editoras, de produtores de livros didáticos, entre outros para o discurso escolar. Os discursos deslocados são reinterpretados, mesclados entre si, refocalizados, ou seja, são recontextualizados. É daí que é constituído o discurso pedagógico (LOPES, 2005).

A disciplina escolar, construída com base no discurso pedagógico, não pode então ser interpretada somente segundo os princípios teóricos e metodológicos das disciplinas científicas (LOPES, 2005). Os discursos das disciplinas de referência são sempre recontextualizados, hibridizando múltiplos discursos, quando deslocados para o contexto escolar.

Além disso, o currículo disciplinar pode ser compreendido como uma tecnologia de organização curricular, controlando sujeitos, espaços, tempos e saberes. É pelas disciplinas que quase tudo na escola é organizado. Quem são os professores e as professoras, quando se encontram, quando conversam, os horários da grade curricular, quem pode fazer o quê, quando e em que lugar, qual conteúdo é ministrado em cada espaço de tempo, em qual espaço, por quem e para quem. O currículo disciplinar resiste há muito tempo (LOPES, 2005).

As disciplinas na escola se materializam nos livros didáticos (*de física*, *de química*, *de geografia*), na grade de horários (horário *da física*, *da química*, *da geografia*) e nas aulas coordenadas separadamente por docentes especializados, com forte identidade disciplinar[1] (PETRUCCI-ROSA, 2007).

Dada essa discussão, podemos afirmar que há sim uma estreita relação entre disciplina escolar e disciplina científica, porém elas não são iguais, utilizam métodos diferentes, os conteúdos são organizados de forma distinta e possuem finalidades sociais específicas, inclusive com histórias diferentes. Como afirma Lopes:

> o conhecimento escolar e o conhecimento científico são instâncias próprias de conhecimento e as disciplinas escolares possuem uma constituição epistemológica e sócio-histórica distinta das disciplinas científicas. A história das disciplinas escolares se desenvolve de forma diversa da história do campo científico de referência. Não é um determinado campo científico de referência que confere à disciplina os critérios para a seleção de seus conteúdos e métodos, para a definição

[1] O professor ou a professora *de física*, por exemplo, conviveu em um instituto *de física* com licenciandos *em física* e frequentou congressos, seminários e palestras de sociedades como da Sociedade Brasileira *de Física*, entrando em contato, principalmente, com textos de revistas acadêmicas como da Revista Brasileira de Ensino de *Física*.

> das concepções de ciência e de conhecimento que a constituem ou mesmo das funções sociais que exerce (LOPES, 2007, p. 108).

Serão tratadas as disciplinas escolares neste texto e, portanto, devemos considerar que a interdisciplinaridade na ciência é também diferente da interdisciplinaridade na escola. A primeira, denuncia a fragmentação do conhecimento e a falta de diálogo entre os campos científicos no processo de produção do conhecimento. Já a segunda, denuncia o isolamento das disciplinas escolares no currículo escolar (THIESEN, 2007; 2013), incapaz de dar conta de explicar certos fenômenos e entender certos problemas que necessitam do diálogo entre duas ou mais disciplinas escolares.

Em relação ao Ensino de Ciências, pesquisadores, professores, legisladores e outros atores da sociedade têm reivindicado mudanças no ensino nos últimos anos, reconhecendo a necessidade do ensino e aprendizagem interdisciplinar de ciências na educação básica. Os argumentos partem do princípio de que o sistema natural e seus correspondentes problemas científicos precisam, em certos casos, de um entendimento interdisciplinar que envolve o diálogo entre múltiplas estruturas conceituais de diferentes disciplinas escolares, já que uma única disciplina escolar seria incapaz de providenciar tal entendimento da mesma forma (YOU, 2017). Esse entendimento interdisciplinar envolve o ambiente dos estudantes e das estudantes, ou, ao mesmo tempo, o ambiente global. Assim, os alunos precisam conscientizar-se de seu ambiente ‘glocal’ (global e local), para desenvolver a capacidade de relacionar problemas locais a cenários globais (MURGA-MENOYO; NOVO, 2017).

Para desenvolvermos mais propriamente a noção de criticidade e conceituar a dialética interescalar no desenvolvimento da interdisciplinaridade na escola, primeiro vamos considerar o que a pedagogia crítica do lugar/ambiente tem a nos dizer sobre uma educação interdisciplinar.

2.5 CONTRIBUIÇÕES DA PEDAGOGIA CRÍTICA DO LUGAR/AMBIENTE

Temos até o momento traçado uma discussão sobre temas contemporâneos que têm permeado a teoria no Ensino de Ciências, envolvendo, possibilitando e, de certa forma, exigindo diálogos entre saberes, procedimentos e técnicas para compreensão de fenômenos e problemas socioambientais que envolvem as cidadãs e os cidadãos.

Nesse sentido, Compiani (2007) compreende que a escola deve ocupar seu lugar de produtora de conhecimentos gerados no diálogo entre a vida cotidiana e o mundo científico. Não se trata mais de formar aquele estudante ou aquela estudante abstrata, baseado no enciclopedismo das definições, mas sim formar cidadãos e cidadãs participativos que saibam quando focar disciplinarmente para entender e resolver situações dentro de seus contextos, mas que tenham também um olhar interdisciplinar para essas mesmas situações quando necessário. Cidadãs e cidadãos que saibam dialogar entre culturas, conhecimentos acadêmicos e cotidianos, interesses, valores e futuro.

Portanto, com base na perspectiva da pedagogia crítica do lugar/ambiente (COMPIANI; ZIMMERMANN; BRIGUENTI, 2020), o natural é indissociável do social e ambiental, podendo somente ser compreendido pelas dimensões dialéticas do local e global, da parte e do todo, da horizontalidade e verticalidade, da contextualização e descontextualização, da análise e da síntese, do histórico/orgânico e generalizável e do disciplinar e interdisciplinar.

Para compreender a interdisciplinaridade, adotam-se aspectos epistemológicos mais amplos, como o materialismo histórico e dialético, entendendo que o conhecimento deve ser compreendido em sua totalidade, não sendo possível emancipar e transformar os sujeitos escolares apenas pela ótica disciplinar, assim como não é possível tratar apenas dos problemas locais sem diálogo com os problemas globais como discute Compiani (2007). Inspirando-se na geologia, é possível compreender que a categoria dialética de totalidade é fundamental para entender que o menor lugar no mundo não deixa de ter inter-relações com a história desse planeta/Universo, também históricos. Só assim não deixaremos escapar as complexidades necessárias ao enfrentamento das questões socioambientais (COMPIANI; ZIMMERMANN; BRIGUENTI, 2020).

Isso mostra que o estudo dos problemas socioambientais de forma interdisciplinar se faz necessário. Cada fenômeno natural experimentado cotidianamente pelos e pelas estudantes deve ser estudado relacionando-o com mundo, planeta e Universo. Entendendo um sistema integrado entre o mundo social e a Terra, pode-se dizer que o natural também integra múltiplos domínios, como o cultural, ambiental e sociopolítico. Também há uma interdependência econômica, política, ideológica e ecológica inter-relacionada desde o lugar próximo com o distante em que vivemos. Dessa forma, as partes fazem parte de um todo, sendo necessário a dialética entre o particular e o geral.

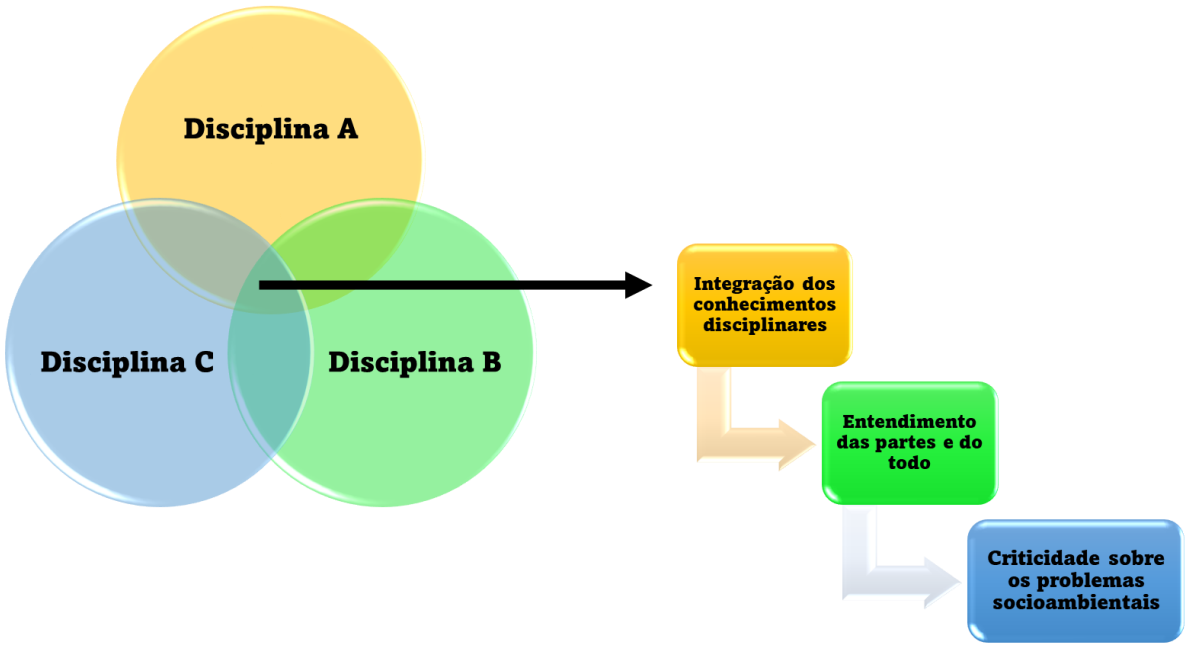
Assim como uma palavra está inserida num texto, um fenômeno está inserido em um contexto. Por isso a necessidade de evocar a interdisciplinaridade no ensino e aprendizagem de ciências buscando um entendimento mais abrangente, complexo, global/contextualizado e histórico dos problemas socioambientais. É preciso ter enfoques mais integradores enfocando dialeticamente o local/global, o particular/geral e o generalizável/histórico.

Da leitura da pedagogia crítica do lugar/ambiente, foi eleito o seguinte critério teórico para a análise do episódio histórico:

C. A proposta propicia uma compreensão entre parte e todo do conhecimento.

Procurando tecer relações entre os critérios A, B e C, acreditamos que a perspectiva da pedagogia crítica do lugar/ambiente contribui no sentindo de pensarmos uma integração entre disciplinas escolares buscando a promoção de um entendimento crítico da totalidade dos problemas socioambientais. Esse entendimento só seria possível em uma perspectiva interdisciplinar escolar.

Figura 5 – Possíveis relações entre as ideias de interdisciplinaridade crítica e a pedagogia crítica do lugar/ambiente em uma perspectiva de integração entre conhecimentos disciplinares



Fonte: elaboração própria

A pedagogia crítica do lugar/ambiente nos convida também a olhar para as escalas em que operam os conhecimentos científicos. Desenvolveremos agora esse importante conceito teórico que mobilizará nossas análises.

2.6 AS ESCALAS LOCAL E GLOBAL, MACRO E MICRO, HORIZONTAL E VERTICAL

A ideia de **escalas**, de ir do local ao global, é particularmente importante, pois ela constitui uma dialética interescalar (VAINER, 2002) que vai do micro ao macro, do pontual ao amplo. Alfonsin (2010) utiliza essa ideia para mostrar como acontecimentos pontuais dentro da cidade de Porto Alegre por volta de 2010, passando por casos cada vez mais amplos, chegam ao processo de preparação da cidade para a Copa do Mundo de 2014, em que interesses mais globais passam a influenciar os destinos da cidade, fazendo com que os desafios das resistências populares passassem a ser cada vez maiores.

Apesar de Porto Alegre ter sido palco de uma gestão democrática urbana exemplar a partir da década de 1980, com a criação do Orçamento Participativo que foi selecionada como uma das 20 *Best Practices* de gestão urbana pelas Nações Unidas por volta de 2010, a cidade, nesta época, vivia um refluxo nesse sistema democrático, com privatizações do espaço público sem a participação da sociedade civil na tomada de decisões. Os mecanismos de privatização da cidade enquanto espaço público que estavam ocorrendo em Porto Alegre e como estavam operando as resistências da sociedade civil contra essas privatizações é tema de estudo de Alfonsin (2010). Percebeu-se nesta pesquisa que o que se analisava na escala micro, se inseriu em contextos cada vez mais amplos e se articula com acontecimentos de mesma natureza em outras escalas.

A ideia escalar passa a ser importante também para objetos de conhecimento escolares. Ao utilizar a ideia da dialética interescalar, os conhecimentos também operam nas diferentes escalas. Dessa forma, é importante sempre considerar os contextos mais amplos e mais pontuais que um determinado objeto de conhecimento escolar se insere, como em um *iceberg*, em que devemos enxergar para além da ponta. Isso é importante para os estudantes e as estudantes terem uma ideia das diferentes escalas em que operam os conhecimentos, podendo assim, participar ativamente das discussões públicas locais e globais. Nesse ponto, consideramos que o diálogo entre os conhecimentos é importante na dinâmica da viagem entre as escalas, já que uma disciplina escolar isolada dificilmente proporcionaria uma visão global e local ao mesmo tempo de um determinado fenômeno.

A ideia de escalas também é importante para autores como Johnstone (1982), Gilbert e Treagust (2009) e Talanquer (2011). A ideia é de que o conhecimento químico é gerado, expressado, ensinado e comunicado em três escalas (ou níveis) diferentes, tradicionalmente chamadas de macroscópica, submicroscópica e simbólica. Essa ideia, mais

comumente chamada de relação de tripleto ou tripleto químico, tem fomentado pesquisas em currículo, materiais didáticos, desenvolvimento de *softwares*, modelização e visualização (TALANQUER, 2011).

Parte-se da ideia de que químicos e químicas experientes enxergam a química em três escalas diferentes: a descritiva e funcional (macroscópica) – a escala em que os fenômenos operam, são observados, experienciados e descritos; a representacional (simbólica) – a escala em que os signos são usados para representar e comunicar ideias e conceitos; e a explicativa (microscópica e submicroscópica) – a escala em que os fenômenos são explicados. Especialistas conseguem amalgamar as três escalas para entender a realidade, enquanto iniciantes operam principalmente na escala macro. Tradicionalmente, professores e professoras de química focam no lado submicroscópico e simbólico do tripleto, impedindo os estudantes e as estudantes de construir pontes entre todas as escalas, resultando em confusão e excesso de informação (TALANQUER, 2011).

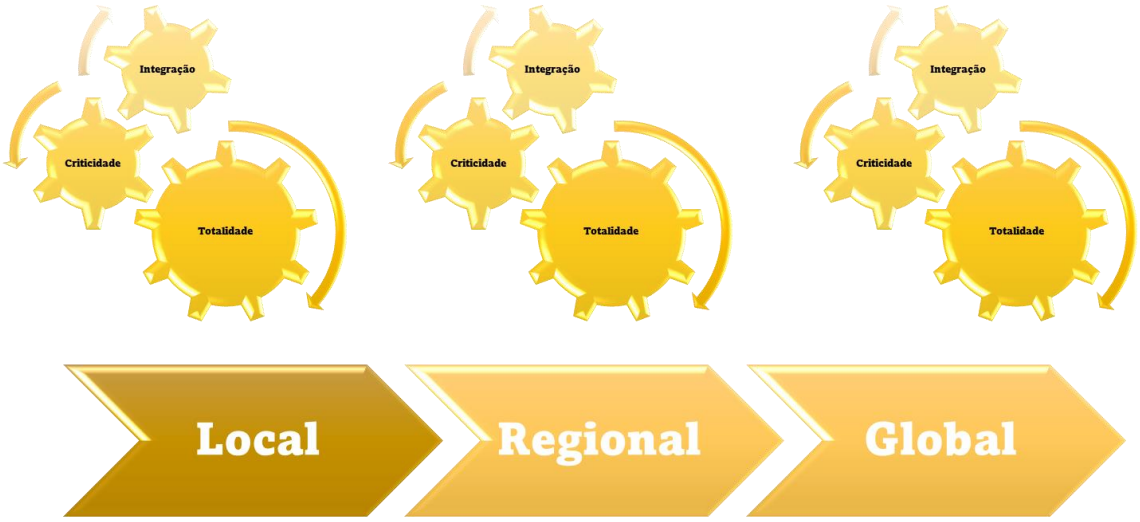
Para Compiani (2007), na geologia, é a dialética entre as escalas horizontal (local, particular) e vertical (global, geral) que gera a compreensão da realidade. Sem ela não se compreende a singularidade das coisas, nem o caráter processual dos fenômenos.

A dialética entre as escalas, o amálgama entre elas é o que buscamos da interdisciplinaridade com o objetivo de fomentar uma melhor compreensão da realidade pelos e pelas estudantes. Dessa análise, emerge um novo critério de análise:

D. A proposta permite conhecer os aspectos micro e macro dos fenômenos naturais e sociais.

Em relação aos critérios A, B, C e D, consideramos que o movimento de integração dos conhecimentos disciplinares buscando uma compreensão crítica do todo deve mobilizar diferentes escalas. Essa relação é evidenciada na Figura 6. Em cada escala, as relações entre integração, criticidade e totalidade devem acontecer, evidenciando uma compreensão crítica dos fenômenos em todas as escalas.

Figura 6 – Dialética interescalar da compreensão interdisciplinar crítica das partes e do todo



Fonte: elaboração própria

Mas como entender a interação entre as disciplinas escolares para viajar entre as escalas? Entendemos que as disciplinas não devem somente interagir, mas dialogar de forma horizontal. Construiremos agora a noção de diálogo.

2.7 A IDEIA DE DIÁLOGO

Um conceito central na estrutura analítica desta tese é o conceito de **diálogo** para caracterizar a interação das disciplinas escolares em uma prática interdisciplinar. Esse conceito está baseado nas ideias de Mortimer e Scott (2002).

Para analisar o discurso em salas de aula de ciências, Mortimer e Scott (2002) identificaram quatro classes de abordagem comunicativa definidas a partir da análise do discurso entre docentes e estudantes ou entre os próprios estudantes caracterizando duas dimensões, um discurso dialógico ou de autoridade e um discurso interativo ou não-interativo.

Quando há uma interação entre professores, professoras e estudantes em uma sala de aula de ciências, a natureza do discurso é caracterizada por eles (MORTIMER; SCOTT, 2002) em um *continuum* de dois extremos. No primeiro caso, a abordagem comunicativa dialógica, o professor ou a professora considera a voz dos estudantes e das estudantes, levando em conta o que eles e elas têm a dizer, havendo inter-relação de ideias e considerando seus pontos de vista. Já no segundo extremo, a comunicação de autoridade, há interação entre

estudantes e professores e professoras, mas é considerado apenas o ponto de vista do discurso científico escolar. Falta inter-relação de ideias e a consideração de diferentes vozes.

Importante destacar que os discursos dialógico ou de autoridade constituem dois extremos e que, na prática, qualquer interação provavelmente contém aspectos de ambas as formas comunicativas. Além disso, a caracterização das abordagens comunicativas no estudo de Mortimer e Scott (2002) tem por base a corrente sociocultural de entendimento do discurso nas aulas de ciências. Nesse entendimento, o processo de aprendizagem nas salas de aula não é visto como uma mera substituição de concepções, mas como um diálogo entre novos significados em um rico espaço comunicativo social, onde há o encontro entre diversas perspectivas culturais em um processo de crescimento mútuo.

As duas dimensões discursivas em sala de aula podem se combinar para gerar então quatro classes de abordagens comunicativas. O discurso pode ser então: interativo e dialógico, quando professores, professoras e estudantes trabalham diferentes pontos de vista; não-interativo e dialógico, quando o professor ou a professora considera, na sua fala, vários pontos de vista; interativo e de autoridade, quando o professor ou a professora conduz os estudantes e as estudantes com o objetivo de chegar ao ponto de vista científico escolar; não-interativo e de autoridade, quando o professor ou a professora apresenta o ponto de vista do discurso científico escolar.

Dessa forma, os diálogos que procuramos entre os conhecimentos escolares não se configuram em uma mera interação, mas em um processo no qual duas ou mais disciplinas dialogam, considerando suas diferentes vozes, de forma horizontal, para entender e explicar um determinado fenômeno ou um problema envolvendo um determinado contexto local ou global que seria impossível ou improvável sem a construção desse diálogo entre as disciplinas. Ainda, esse não se configura na mera soma dos conhecimentos de duas ou mais disciplinas, mas a produção de um entendimento novo, algo que só existe por causa dessa interação dialógica que é produzida nessa construção.

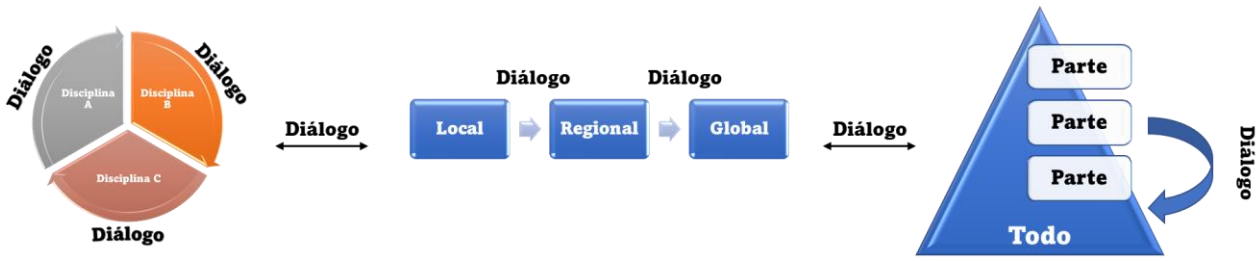
Destacamos que no entendimento da agroecologia, por exemplo, uma área que envolve a interdisciplinaridade crítica, é empregado o termo **diálogo de saberes**, considerado uma das forças da área (SILVA JUNIOR; DE BIASE; MARTELLINI, 2019). O termo tem expressado o esforço da agroecologia de promover os diálogos entre conhecimentos técnico-científicos e não científicos de forma harmoniosa e inclusiva, amalgamando a natureza, a produção, o agrônomo, o cientista, o técnico, o camponês e o indígena na busca por um futuro sustentável.

Da noção de diálogo, é possível elencar o seguinte critério de análise:

E. A proposta permite o diálogo entre conhecimentos de diferentes disciplinas escolares, considerando suas diferentes vozes de forma horizontal.

Nesse sentido, consideramos a importância de se estabelecer diálogos entre disciplinas escolares, entre as escalas e entre as partes e o todo que compõe determinado estudo. Além disso, todos esses aspectos devem dialogar para contribuir para uma interdisciplinaridade baseada na perspectiva da pedagogia crítica do lugar/ambiente.

Figura 7 – Os diálogos entre as disciplinas escolares, as escalas e entre as partes e o todo de determinado estudo científico



Fonte: elaboração própria

Propõe-se a ideia de interdisciplinaridade crítica, de escalas e de diálogos para melhor entendermos um objeto de estudo escolar que, de certa forma, pode ser complexo de ser estudado. Como podemos enxergar esses objetos de estudo? Vamos agora construir a ideia de múltiplos domínios para a análise de uma abordagem interdisciplinar.

2.8 OS MÚLTIPLOS DOMÍNIOS

Outro conceito central usado nesta tese para caracterizar a interdisciplinaridade é a ideia de múltiplos **domínios** que envolvem a compreensão de um determinado objeto de estudo. Para se caracterizar a sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável de forma mais ampla, aponta-se três características fundamentais, sendo uma delas a ideia de múltiplos domínios para sua compreensão: o econômico, o ecológico e o sociocultural.

Utilizando essa noção, Barbiéri e Francoy (2020) assumem a ideia de que para se compreender a ciência da sustentabilidade é preciso mobilizar diferentes áreas do

conhecimento, rompendo barreiras para que o resultado desses estudos seja capaz de orientar políticas públicas em diferentes escalas: regional, nacional e internacional. A partir dessa ideia, constroem um modelo teórico e uma ferramenta analítica para analisar e discutir a atividade da meliponicultura, podendo se expandir para outros conceitos, fenômenos e atividades.

Para os autores (BARBIÉRI; FRANCOY, 2020), a meliponicultura só pode ser de fato compreendida para se resultar em políticas públicas sustentáveis adequadas em diferentes escalas, se forem consideradas os diferentes domínios econômico, ambiental, social e cultural. Cada domínio é dividido em uma pequena parte, como se fossem recortes das faces de uma pirâmide. Para se compreender cada domínio, é preciso considerar os pequenos detalhes da escala micro (recortes das faces) e a amplitude da escala macro (o todo). Essas pequenas partes compõem um universo muito maior, assim como cada domínio pode ser considerado um pequeno recorte do universo maior da meliponicultura. Essa riqueza de detalhes deve ser encarada do mesmo modo como olhamos para uma pirâmide: para compreendê-la, precisamos mudar o ângulo de visão a todo momento, olhando cada detalhe. Para isso, os autores defendem a ideia da interdisciplinaridade: a meliponicultura só pode ser tratada por diferentes disciplinas, visões e pesquisadores que "sejam capazes de transitar entre as escalas micro e macro, de suas áreas de conhecimento específicas para escalas mais amplas, de forma que nem os contextos, nem os detalhes sejam abordados com carência de qualidade." (BARBIÉRI; FRANCOY, 2020, p. 14)

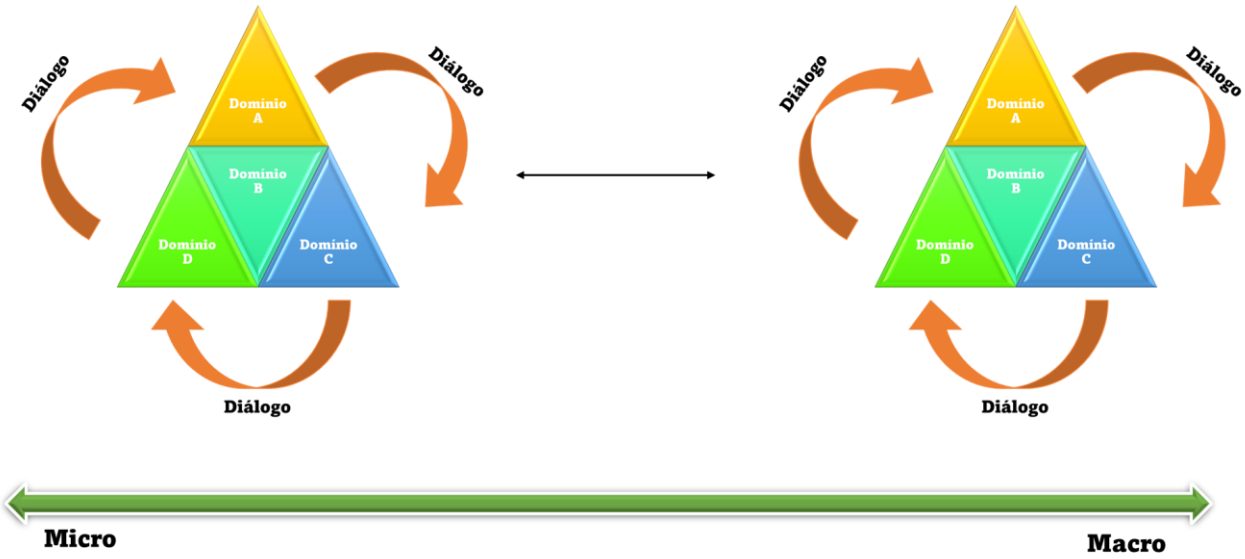
Vale ressaltar que nesse estudo os autores não encerram a discussão da interdisciplinaridade somente para o estudo da meliponicultura. Sugere-se também a aplicação dessa ferramenta analítica para o estudo dos sistemas agroflorestais, da apicultura e das monoculturas, como exemplos.

Da ideia de domínios, emerge o seguinte critério de análise para análise dos dados desta tese:

F. A proposta permite conhecer os diferentes domínios em que um objeto de estudo se insere.

Como comentado, essa ferramenta teórica permite conhecer os detalhes e os contextos que fazem parte de uma "pirâmide" de conhecimento. A Figura 8 mostra como os múltiplos domínios devem dialogar entre si e entre escalas para promover uma visão mais global, integrada e crítica do planeta.

Figura 8 – Relações entre domínios, escalas e diálogos em uma abordagem interdisciplinar



Fonte: elaboração própria

Assim sendo, acreditamos que no ensino, os objetos escolares de conhecimento também podem ser enriquecidos se estudados de forma a se compreender os diferentes domínios que compõem determinado objeto de estudo. Dessa forma, operaríamos em diferentes escalas e domínios, utilizando diálogos entre diferentes disciplinas escolares para criar um conhecimento na **interface** do conhecimento. Como podemos caracterizar essa interface?

2.9 INTERFACE DO CONHECIMENTO

Para Alfonso-Goldfarb (2003), com o nascimento da ciência moderna começaram os desmembramentos de grandes campos científicos que então ganharam fisionomia e a especificidade que enxergamos mais propriamente hoje em dia. Para a autora, ganhou-se agilidade, mas perdeu-se diálogo entre as áreas e a capacidade de se transitar entre elas.

No século XIX, as barreiras obtiveram corpo e os diálogos fragilizaram-se. Uma das saídas pareceu ser a formação de currículos multidisciplinares. Para George Sarton (1884-1956), por exemplo, um bom historiador das ciências deveria ter sólida formação em ciências e depois adquirir uma especialização em história e ainda um tremendo conhecimento de filosofia. Um bom profissional multidisciplinar deveria possuir o domínio de todos os conhecimentos que dissesse respeito às interfaces do objeto a ser estudado e esses

conhecimentos deveriam ser dominados por um só indivíduo. Não se fala em amalgamar métodos, mas em dominar todos os necessários (ALFONSO-GOLDFARB, 2003).

Depois dessa fase, surge, inevitavelmente, a ideia de equipe multidisciplinar. Neste caso, vários indivíduos especialistas em diferentes áreas do conhecimento dialogariam para produzir conhecimentos na interface do conhecimento.

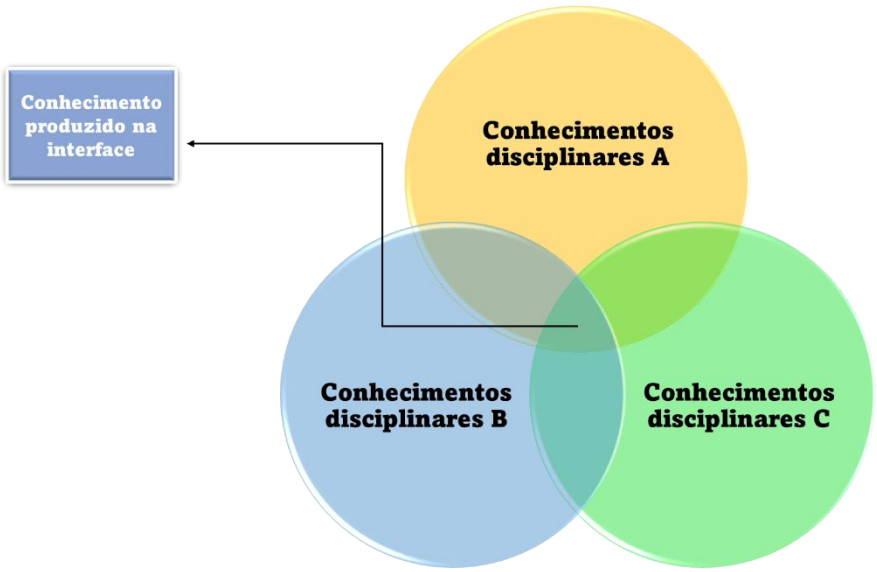
Na década de 1960 surgem ideias mais contundentes de interdisciplinaridade. A autora (ALFONSO-GOLDFARB, 2003) se baseia nas ideias de Foucault e Thomas Kuhn (1922-1996) para definir essa ideia. Segundo ela, na formação de uma interface do conhecimento, de uma área interdisciplinar, há a redefinição da malha analítica-metodológica de uma dada área do conhecimento. Deve-se desencapar a malha analítica metodológica da ciência de origem e conectar os fios ali encontrados com os de outras teorias, estabelecendo uma interface com o objeto de estudo de interesse. Vê-se as áreas da História das Ciências, da Ecologia e da Física-Médica como exemplos.

Recontextualizando a ideia de áreas **interface** do conhecimento para o contexto escolar, entendemos que, com os diálogos entre as diferentes disciplinas, deve-se tecer coerentemente os fios teóricos de cada disciplina para construir uma malha genuína e autônoma, uma interface, um entendimento novo ou um olhar novo para um objeto de estudo que só existe agora por causa da construção dessa interface. Ao olhar para o aquecimento global, por exemplo, não estaríamos olhando para esse objeto de estudo através das lentes da química e da física (como uma soma), por exemplo, mas uma lente produzida na interface entre os conhecimentos das duas disciplinas escolares, um novo entendimento sobre o fenômeno. A Figura 9 ilustra essa ideia.

Dessa discussão, foi possível elencar o seguinte critério teórico de análise:

G. A proposta permite estabelecer uma interface entre as disciplinas escolares.

Figura 9 – A produção de uma interface de conhecimento



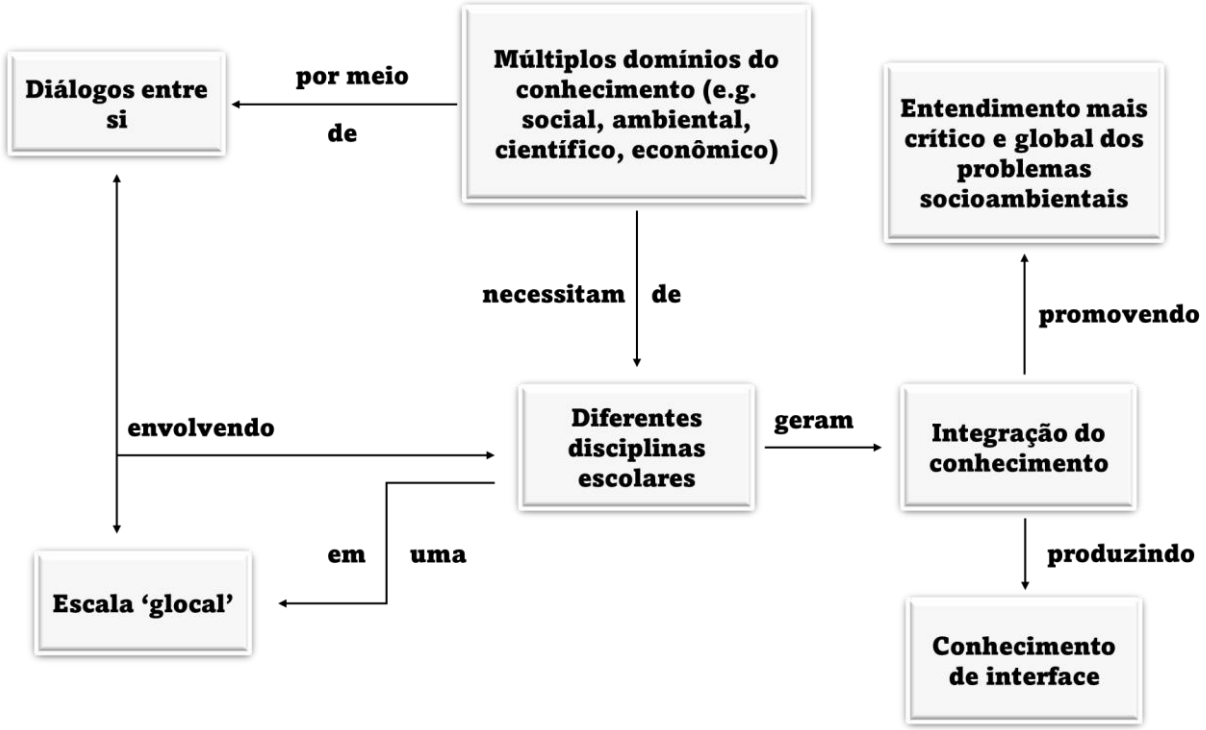
Fonte: elaboração própria

2.10 UM ENTENDIMENTO

Finaliza-se essa discussão com nosso entendimento e posicionamento sobre a interdisciplinaridade no ensino e aprendizagem de ciências, nosso foco de pesquisa: as disciplinas escolares podem ser consideradas a ideia pedagógica mais bem-sucedida da história do currículo e constituem a base da organização dos conhecimentos escolares e da pedagogia escolar. Apesar de qualquer crítica que se possa fazer a essa organização curricular, o contato com as disciplinas escolares de ciências constitui um direito para todos os cidadãos e cidadãs, considerando que é através delas que se terá contato com os conhecimentos científicos historicamente organizados pela humanidade, um patrimônio cultural. Apesar disso, o currículo escolar disciplinar apresenta limites, dado que impõe o isolamento das disciplinas escolares e de seus sujeitos, impedindo de se dar conta de todos os problemas sociais locais e globais que envolvem os estudantes e as estudantes e enfraquecem o controle que professores e professoras exercem sobre o currículo. A interdisciplinaridade no ensino e aprendizagem de ciências pode proporcionar um diálogo entre os conhecimentos de duas ou mais disciplinas para, de forma nova e autônoma, transitar entre escalas e domínios para explicar e proporcionar um entendimento com mais riqueza de um fenômeno natural ou um problema ‘glocal’ com impacto social e ambiental para que os estudantes e as estudantes possam entender de forma mais crítica o mundo em que vivem e se tornarem cidadãos e

cidadãs política e cientificamente reflexivos e participativos, de forma que isso seria improvável através das lentes de uma única disciplina ou através de disciplinas isoladas sem a criação dessa interface. A Figura 10 ilustra as relações entre os critérios de análise até agora discutidos.

Figura 10 – Entendimento de uma abordagem interdisciplinar no ensino e aprendizagem de ciências



Fonte: elaboração própria

Dada essa discussão mais epistemológica em torno do conceito de interdisciplinaridade e percebendo que a concepção predominante de interdisciplinaridade presente nos novos documentos oficiais brasileiros parte de uma concepção mais empobrecida de interdisciplinaridade já que a relacionam com o trabalho em equipe, com a atitude do professor, com questões organizacionais das matrizes curriculares em áreas do conhecimento ou como método de trabalho, emerge a necessidade de olhar para a interdisciplinaridade também pelas lentes curriculares.

Uma concepção empobrecida de interdisciplinaridade limita seu movimento ao plano técnico, não considerando o currículo como uma categoria sócio-histórica de organização e cisão do conhecimento e considerando a escola somente como um local de reprodução e não de produção de conhecimento (YOUNG, 1981; APPLE, 2006; BERNSTEIN, 1996; GOODSON, 2013; THIESEN, 2013).

Nesse sentido, cabe compreender como a interdisciplinaridade pode ser compreendida quando analisada pelas lentes do currículo. O currículo interdisciplinar é uma das modalidades do currículo integrado. O currículo integrado refere-se a todos os processos dentro da organização curricular que permitem integrar os conteúdos de maneira geral. Essa integração pode ser: interdisciplinar; por projetos; por temas geradores; ou por temas transversais (QUINTINO, 2005).

2.11 A INTERDISCIPLINARIDADE PELAS LENTES DO CURRÍCULO ESCOLAR

A organização do conhecimento escolar tem tido a supremacia da disciplinaridade. Bernstein (1996) critica essa organização argumentando que ela resulta na fragmentação e na compartimentação do conhecimento escolar, levando à incapacidade de se dar conta dos problemas sociais que envolvem os estudantes e as estudantes. Isso também causa o isolamento dos professores e das professoras em suas disciplinas, fazendo com que eles não participem de todo o processo de tomada de decisões dentro da escola.

É preciso ficar claro também que a interdisciplinaridade passa necessariamente por relações de poder. Há uma constante disputa das disciplinas dentro dos currículos por maior visibilidade, e consequentemente, maiores poderes. Enquanto umas lutam pela vida, para permanecerem no currículo, outras atingem certo status que lhe conferem maior número de aulas, por exemplo (QUINTINO, 2005).

Em parte, esse tipo de organização curricular que vemos hoje remete a uma história não tão distante. Segundo Goodson (2013), a escola passa a adotar a erudição, a organização das disciplinas escolares baseada na organização das disciplinas científicas exatamente para excluir a classe trabalhadora do processo de escolarização. Como a escola era frequentada pelos filhos das elites e dos trabalhadores no século XIX, uma forma de exclusão era oferecer somente o saber erudito, próprio das elites, buscando supostamente igualdade, mas fazendo com que a classe trabalhadora tivesse que se enquadrar na visão hegemônica burguesa.

O paradigma taylorista e fordista implementado nas fábricas no século XX, proporcionou o isolamento dos trabalhadores cada um em sua função específica, impedindo que eles participassem dos processos de decisão dentro das fábricas. Fazendo um paralelo com a escola, as disciplinas escolares isoladas, fragmentadas e sem a participação do professor e da professora na elaboração do currículo, enfraquece-os enquanto profissionais,

fazendo com que o poder fique concentrado nas disciplinas e no controle externo (GOODSON, 2013).

É esse controle externo que dita as regras na escola. As avaliações externas, por exemplo, que focam apenas na avaliação da matemática e da língua materna e, mais recentemente nas ciências, mostram as disputas de poder que acontecem através dos currículos disciplinares sem a participação dos professores e das professoras. Tudo que acontece na escola parece ter o controle do currículo disciplinar, o que acontece, quando acontece. O professor torna-se apenas o expositor das ideias, sendo facilmente substituído por outro. Com os sujeitos isolados, as relações de poder podem então se perpetuar (BERNSTEIN, 1996).

Assim, ao longo do tempo, cada disciplina escolar foi criando seus códigos, sua forma de ver o mundo, numa luta constante por sobrevivência no currículo, trilhando o caminho cultural do isolamento, do fechar-se em si mesmo (QUINTINO, 2005). É então que precisamos deixar claro que não defendemos a ausência de limites entre as disciplinas. É a especificidade que pode permitir o estabelecimento do diálogo, sendo a especificidade diferente do isolamento. Defendemos o diálogo entre as disciplinas com a manutenção da especificidade de cada uma, não negando o trabalho disciplinar, mas reconhecendo que as fronteiras estabelecidas só existem em função da relação com outras disciplinas.

Nessa flexibilização das fronteiras entre as disciplinas, nada acontecerá sem conflitos, acordos ou negociações. Os diálogos aqui propostos podem ser difíceis quando tentamos quebrar fronteiras que foram construídas ao longo de muitos anos, tendo o isolamento disciplinar trazido uma falsa ideia de segurança. Bernstein (1996) e Goodson (2013) esclarecem que o isolamento disciplinar é uma forma de controle, retirando o poder dos sujeitos, professores e estudantes. Nessa disputa, com ganhos, há também perdas, mas sem perdas, também não há ganhos (QUINTINO, 2005).

Bernstein (1996) não se preocupa muito com os conteúdos das disciplinas escolares, mas sim, com as relações sociais que se estabelecem na escola e como as diferentes formas de poder se manifestam na estruturação do currículo. Dessa forma, em sua teoria sociológica da educação, estabelece os seguintes conceitos: classificação, enquadramento e código.

A classificação se refere a divisão social do trabalho pedagógico, em que há relações de poder envolvidas, independentemente do tipo de currículo adotado. Relações de

poder externas tendem a isolar as partes, fortalecendo a classificação, já que quanto maior o isolamento, maior o grau de classificação. Dessa forma, há um grau de manutenção de fronteiras entre categorias: professores, professoras, estudantes, espaços, conteúdos, escola, família etc. A classificação é forte quando as fronteiras entre as categorias são nítidas, dando origem a hierarquias de poder. Quando há uma diminuição da intensidade das fronteiras e elas começam a ser rompidas, há uma classificação fraca. O enquadramento se refere às relações sociais entre as categorias e às formas de controle que também sempre estão presentes na relação pedagógica. Quanto maior o enquadramento, menos os estudantes têm controle da prática pedagógica: ritmo da aula, seleção de conteúdos etc. Ou seja, quanto maior o enquadramento, as categorias de maior hierarquia possuem maior controle. Por fim, o código se refere ao conjunto de significados que as diferentes classes sociais se apropriam de forma diferente nas relações sociais (BERNSTEIN, 1996).

Bernstein (1996) então define dois tipos de currículo, o tipo coleção e o tipo integrado. No currículo tipo coleção há forte grau de classificação, em que as disciplinas e os sujeitos escolares estão isolados, e desconsideram-se os códigos das classes sociais mais baixas, priorizando o saber erudito. Todo currículo é marcado por relações de poder, seja ele do tipo coleção ou do tipo integrado. Dessa forma, no currículo integrado, ainda haverá relações de poder e controle, porém mais sutis. Nesse tipo de currículo, o isolamento é menor, havendo maior diálogo entre as disciplinas e os sujeitos escolares. O trabalho com um currículo integrado facilita o diálogo, aumentando o poder do grupo, levando a diminuição do controle externo e interno.

Dada essas considerações, enxergam-se critérios a partir das leituras de Bernstein (1996), Lopes (2007) e Goodson (2013), que permitiriam o deslocamento do currículo disciplinar em direção a um currículo interdisciplinar ou, pelo menos, um movimento a favor do combate à fragmentação do conhecimento expressa nos currículos.

H. A proposta permite maior diálogo entre os conteúdos de maneira geral, possibilitando menor isolamento entre as disciplinas escolares, diminuindo a classificação e proporcionando a flexibilização das fronteiras disciplinares.

I. A proposta permite maior interação social e diálogo entre professores, estudantes e outros atores escolares, aumentando o poder do grupo, diluindo o controle interno e externo e permitindo o não-isolamento dos sujeitos, rompendo com a falsa sensação de segurança.

Inevitavelmente, haverá crises, ruídos, questionamentos, remodelações e rupturas curriculares.

J. A proposta permite considerar o contexto, o cotidiano e a realidade vivida e experienciada pelos estudantes e seus diferentes códigos, considerando-os como sujeitos participantes do processo de ensino e aprendizagem.

Isso significa que somente o saber erudito e aquele vindo diretamente das disciplinas científicas não são os únicos critérios que devem ser considerados na elaboração do currículo.

K. A proposta permite a participação dos professores e professoras na elaboração do planejamento do currículo.

Figura 11 – Critérios necessários para a construção de um currículo interdisciplinar

Fonte: elaboração própria

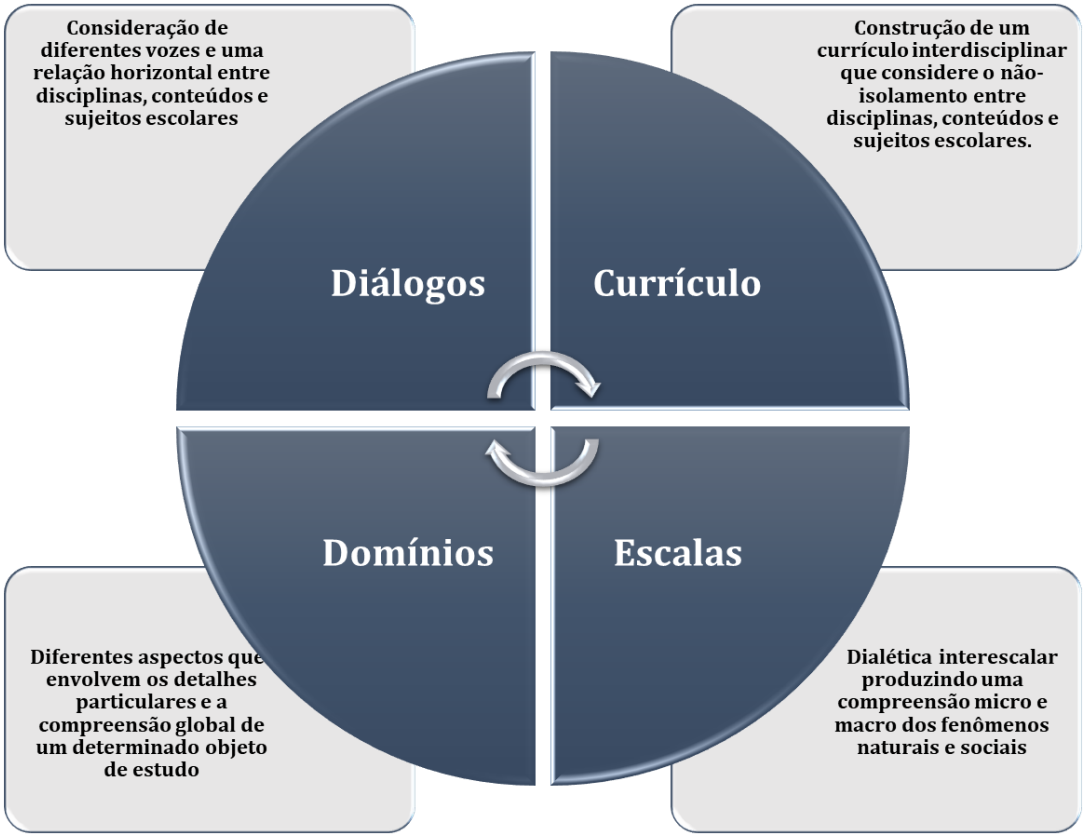
Como esta pesquisa pretende avaliar as contribuições da História das Ciências para a interdisciplinaridade e, sabendo que a construção aqui ora apresentada partiu de uma contribuição individual, fora de um contexto escolar, fica claro que a contribuição aqui apresentada será direcionada principalmente para o critério H. Uma pesquisa envolvendo o

contexto escolar permitiria considerar os quatro critérios de análise se os sujeitos escolares e a própria escola fossem incluídos na pesquisa.

É nessa dinâmica de disputas que defendemos e concordamos com aqueles que defendem um maior diálogo entre as disciplinas escolares. Para isso, propomos, como ficará mais claro nos próximos capítulos, um maior diálogo entre a História das Ciências e a interdisciplinaridade, considerando os entendimentos teóricos desta tese, acreditando que essa sintonia beneficia ambas as abordagens. Como buscamos abordar na sequência, é na História das Ciências que encontramos possibilidades de diálogo entre os conhecimentos científicos, seus diversos contextos e outras formas do conhecimento humano. Além disso, a História das Ciências nos mostra o caráter humano e coletivo da atividade científica. Dessa forma, na escola, estudantes poderiam se beneficiar dessas abordagens para melhor compreenderem os conhecimentos científicos e adquirir uma visão mais global da ciência, contribuindo para sua participação cidadã e a aquisição de habilidades para analisar criticamente a ciência e suas relações com a sociedade, política, economia, tecnologia, o trabalho e o ambiente. Professores e outros atores escolares poderiam também se beneficiar entendendo o papel coletivo das atividades humanas na produção de conhecimento e cultura, fortalecendo-se como grupo. Para essa defesa, serão discutidas as potencialidades e os entendimentos desta tese sobre a interface entre História das Ciências e Ensino de Ciências no próximo capítulo, além da vertente historiográfica que será utilizada na narrativa histórica do capítulo 5.

Por fim, resumimos na Figura 12 nossos entendimentos e posicionamentos sobre a interdisciplinaridade escolar e as diversas relações entre os critérios teóricos abordados neste capítulo.

Figura 12 – A interdisciplinaridade no ensino e aprendizagem de ciências



Fonte: elaboração própria

3 AS CONTRIBUIÇÕES DA HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS PARA O ENSINO E APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS

> *O mesmo artigo mistura, assim, reações químicas e reações políticas. Um mesmo fio conecta a mais esotérica das ciências e a mais baixa política, o céu mais longínquo e uma certa usina no subúrbio de Lyon, o perigo mais global e as próximas eleições ou o próximo conselho administrativo. As proporções, as questões, as durações, os atores não são comparáveis e, no entanto, estão todos envolvidos na mesma história.*
>
> BRUNO LATOUR, JAMAIS FOMOS MODERNOS

Os objetivos principais da elaboração deste capítulo são explicitar os entendimentos e posicionamentos sobre História das Ciências utilizados nesta pesquisa, suas contribuições para o Ensino de Ciências e a vertente historiográfica que acreditamos ter o potencial de dialogar com a interdisciplinaridade no ensino e aprendizagem de ciências na escola. Primeiramente, após alguns comentários sobre um levantamento bibliográfico realizado, serão discutidas as possíveis parcerias entre uma História das Ciências com um enfoque contemporâneo e um Ensino de Ciências crítico e reflexivo. Depois, será abordada e contextualizada a vertente historiográfica utilizada no capítulo 5 desta tese que acreditamos ter o potencial de dialogar com as ideias de interdisciplinaridade discutidas no capítulo 2.

3.1 UMA BREVE REVISÃO SOBRE A INTERFACE ENTRE A HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS E O ENSINO DE CIÊNCIAS

Da mesma forma que fizemos no início do capítulo 2, realizamos um levantamento bibliográfico em revistas dedicadas ao Ensino de Ciências buscando entender as principais pesquisas sobre as contribuições da História das Ciências para a educação científica. Empregamos os mesmos critérios utilizados na revisão sobre interdisciplinaridade, efetuando buscas nas mesmas revistas escolhidas por meio das palavras *história* e *ciência* e suas variantes em espanhol e inglês. Como o número de artigos encontrados foi muito grande, centralizamos nossa análise nos trabalhos publicados entre 2013 e 2023, totalizando 93 estudos.

Os trabalhos foram compilados no Quadro 2. Novamente, classificamos os artigos analisados em categorias temáticas. São elas: *Historiografia* – estudos centrados em discussões de cunho historiográfico (6 resultados) – *Materiais didáticos* – trabalhos focados em estudar os limites, problemas, contribuições e concepções de História das Ciências

presentes em materiais didáticos (8 resultados) – *Formação de professores* – artigos que envolveram o estudo em contextos de formação inicial ou continuada de professores (20 resultados) – *Estratégias e ferramentas* – estudos que propuseram estratégias ou ferramentas para se implementar a História das Ciências no ensino (1 resultado) – *Prática* – artigos que propuseram, avaliaram possibilidades ou forneceram exemplos de episódios históricos para serem utilizados em contexto de ensino ou na formação de professores (54 resultados) – *Religião e ciências* – trabalhos que envolveram o estudo das relações entre religião e ciências no Ensino de Ciências a partir da História das Ciências (1 resultado) – *Revisão bibliográfica* – estudos que realizaram revisões sobre o termo ou sobre seus diferentes usos (9 resultados) – *Decolonialidade* – estudos envolvendo relações da História das Ciências em um contexto decolonial (1 resultado) – *Concepções* – estudos que envolveram concepções de estudantes ou professores sobre ciências e História das Ciências (12 resultados) – *Epistemologia* – estudos de cunho mais teórico (13 resultados) – e, por fim, apenas um trabalho envolvendo explicitamente uma *Prática interdisciplinar*.

Quadro 2 – Levantamento bibliográfico realizado sobre as contribuições da História das Ciências para o Ensino de Ciências

Revista	Título	Autores	Ano de publicação	Categoria temática
Ciência & Educação	História da Ciência no ensino em uma perspectiva cultural: revisitando alguns princípios a partir de olhares do sul global	GUERRA, A.; MOURA, C. B.	2022	Historiografia
Ciência & Educação	O quadrante geométrico na situação desencadeadora de aprendizagem sob uma interface entre história e ensino	DIAS, M. S.; SILVA, A. P. M.	2022	Prática
Ciência & Educação	El problema del grupo 3 de la Tabla Periódica: su enseñanza mediante la argumentación y la explicación científica: primera parte	LABARCA, M.; QUINTANILLA-GATICA, M. R.; IZQUIERDO-AYMERICH, M.’	2022	Prática
Ciência & Educação	El problema del grupo 3 de la Tabla Periódica: su enseñanza mediante la argumentación y la explicación científica: segunda parte	LABARCA, M.; QUINTANILLA-GATICA, M. R.; IZQUIERDO-AYMERICH, M.’	2022	Prática
Ciência & Educação	O Conceito de Célula em Livros Didáticos de Biologia: ciência aproblemática e a-histórica	PINHEIRO, R. M. S.; ECHALAR, A. D. L. F.; QUEIROZ, J. R. O.	2021	Materiais didáticos
Ciência & Educação	Mapas Conceituais e a Elaboração de Conhecimento Científico na História da Ciência: algumas aproximações teóricas	MAXIMO-PEREIRA, M.; SOUZA, P. V. S.; LOURENÇO, A. B.	2021	Estratégias e ferramentas

Ciência & Educação	Ondas gravitacionais em desenvolvimento: reflexões sobre ciência na educação em ciências	GARCIA, J. O.; CAMILLO, J.	2021	Prática
Ciência & Educação	Matemática e colonialidade, lados obscuros da modernidade: giros decoloniais pela Educação Matemática	FERNANDES, F. S.	2021	Decolonialidade
Ciência & Educação	La Caracterización Estructural del Benceno de Kekulé: un Ejemplo de Creatividad y Heurística en la Construcción del Conocimiento Químico	MEINGUER LEDESMA, J.	2020	Prática
Ciência & Educação	Estudo das historiografias de Paul Karlson, Konstantin Ríbnikov, Howard Eves e Bento de Jesus Caraça: diferentes modos de ver e conceber o conceito de função	SOUSA, M. C.; MOURA, M. O.	2019	Historiografia e prática
Ciência & Educação	Natureza da Ciência (NOS): para além do consenso	BEJARANO, N. R. R.; ADURIZ-BRAVO, A.; BONFIM, C. S.	2019	Prática
Ciência & Educação	Abordagem histórica do sistema circulatório humano: o valor educativo pelo olhar dos alunos de Ciências Biológicas	RIBEIRO, G.; SILVA, J. L. J. C.	2019	Prática
Ciência & Educação	História e Filosofia da Ciência no ensino de Biologia Celular	TEÓFILO, F. B. S.; GALLÃO, M. I.	2019	Materiais didáticos
Ciência & Educação	"Natureza da ciência geográfica": diagnóstico e possibilidades de inserção de epistemologia no ensino escolar e na formação de professores de geografia	REIS JUNIOR, D. F. C.; SILVA, B. M.; FIGUEIREDO, E. L. D.	2018	Materiais didáticos e formação de professores
Ciência & Educação	Ensino de biologia e história e filosofia da ciência: uma análise qualitativa das pesquisas acadêmicas produzidas no Brasil (1983-2013)	AUGUSTO, T. G. S.; BASILIO, L. V.	2018	Revisão bibliográfica
Ciência & Educação	Número e grandeza: discutindo sobre a noção de medida por meio de um instrumento matemático do século XVI	SAITO, F.	2017	Prática
Ciência & Educação	Diversos modos de pensar o conceito de substância química na história da ciência e sua visão relacional	SILVA, J. R. R. T.	2017	Prática
Ciência & Educação	La controversia Pasteur vs. Pouchet sobre la generación espontánea: un recurso para la formación inicial del profesorado en la naturaleza de la ciencia desde un enfoque reflexivo	ACEVEDO-DÍAZ, J. A.; GARCÍA-CARMONA, A.; DEL MAR ARAGÓN, M.	2016	Prática e formação de professores
Ciência & Educação	Ensino religioso nas escolas estaduais do Rio de Janeiro: implicações para o ensino de ciências/biologia	SELLES, S. E.; DORVILLÉ, L. F. M.; PONTUAL, L. V.	2016	Religião e ciências
Ciência & Educação	Matematização e ensino de Física: uma discussão de noções docentes	MENDES, G. H. G. I.; BATISTA, I. L.	2016	Concepções
Ciência & Educação	Textos para ensinar física: princípios historiográficos	VITAL, A.; GUERRA, A.	2016	Historiografia e formação de

	observados na inserção da história da ciência no ensino			professores
Ciência & Educação	110 anos após a hipótese de Sutton-Boveri: a teoria cromossômica da herança é compreendida pelos estudantes brasileiros?	SANTOS, F. D.; SILVA, A. F. G.; FRANCO, F. F.	2015	Materiais didáticos, concepções e prática
Ciência & Educação	Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural, en estudiantes de escuela secundaria de Argentina	GONZÁLEZ GALLI, L.; MEINARDI, E.	2015	Concepções
Ciência & Educação	Uma análise cruzada de três estudos de caso com professores de física: a influência de concepções sobre a natureza da ciência nas práticas didáticas	MASSONI, N. T.; MOREIRA, M. A.	2014	Concepções
Ciência & Educação	A história da dupla hélice do DNA nos livros didáticos: suas potencialidades e uma proposta de diálogo	SILVA, M. R.; PASSOS, M. M.; VILAS BOAS, A.	2013	Materiais didáticos
Ciência & Educação	Interface entre história da matemática e ensino: uma atividade desenvolvida com base num documento do século XVI	SAITO, F.; DIAS, M. S.	2013	Prática
Ciência & Educação	Contribuições axiológicas à educação científica: valores cognitivos e a seleção natural de Darwin	BATISTA, I. L.; LUCAS, L. B.	2013	Prática
Ensaio	A apresentação de conceitos em um livro de divulgação infantil: o caso Isaac no Mundo das Partículas	ARAÚJO, J. F. V.; LIMA, G. S.; ALMEIDA, S. A.	2023	Materiais didáticos
Ensaio	O caso Marie Curie pela lente da história cultural da ciência: discutindo relações entre mulheres, ciência e patriarcado na educação em ciências	EL JAMAL, N. O.; GUERRA, A.	2022	Prática
Ensaio	Artigo-parecer - escola de física CERN: uma análise do discurso à luz da epistemologia de Ludwik Fleck	SILVA, H. C.	2022	Historiografia e formação de professores
Ensaio	Análise de aspectos de natureza da ciência expressos por uma professora em formação inicial no contexto de uma disciplina de História da Química	LIMA, M. M.; IBRAIM, S.; SANTOS, M.	2021	Concepções e formação de professores
Ensaio	Compreensões sobre natureza da ciência de uma licencianda em química a partir de suas reflexões sobre um estudo de caso histórico	FERNANDES, G. L.; MENDONÇA, P. C. C.; MOZZER, N. B.	2020	Concepções, formação de professores e prática
Ensaio	Para que ensinar ciência no século XXI? - Reflexões a partir da filosofia de Feyerabend e do ensino subversivo para uma aprendizagem significativa crítica	DAMASIO, F.; PEDUZZI, L. O. Q.	2018	Epistemologia
Ensaio	História e epistemologia da Ciência na educação básica: para quê?	DAMASIO, F.; PEDUZZI, L. O. Q.	2017	Revisão bibliográfica e epistemologia
Ensaio	A implementação da História da Ciência no ensino de física: uma reflexão sobre as implicações do cotidiano escolar	VITAL, A.; GUERRA, A.	2017	Concepções e formação de professores

Ensaio	Controvérsias históricas em torno à ideia de natureza: atividades com imagens	FIÚZA, L.; GUERRA, A.	2014	Prática
Enseñanza de las ciências	Identidad rural e identidad científica. Una intervención educativa en la España vaciada	MUÑOZ DOMÍNGUEZ, A. I.; BOGDAN TOMA R.; MARTÍNEZ HERNÁNDEZ, C.; BERMEJO N.; SÁNCHEZ GÓMEZ, P. J.	2022	Prática
Enseñanza de las ciências	El boletín Faraday (1928-29) y las relaciones entre historia y didáctica de las ciencias	MORENO MARTÍNEZ, L.	2021	Materiais didáticos
Enseñanza de las ciências	Naturaleza de la ciencia e historia de la ley de Boyle en futuros profesores de ciencias	LEAL CASTRO, A.; MORALES OLIVEROS, E. E.	2021	Formação de professores e prática
Enseñanza de las ciências	Naturaleza de la ciencia en un objeto virtual de aprendizaje para el profesorado de ciencias en formación	FARIA BERÇOT, F.; REVEL CHION, A.; ADÚRIZ-BRAVO, A.	2021	Formação de professores e prática
Enseñanza de las ciências	Ciencia y arte se encuentran: el caso del telescopio de Galileo	VÁZQUEZ MANASSERO, M. A.; VÁZQUEZ ALONSO, A.	2017	Prática interdisciplinar
Enseñanza de las ciências	La Historia de la Química en el currículo de ESO y de bachillerato (LOE). Una revisión interdisciplinar para la investigación didáctica	MORENO MARTÍNEZ, L.; CALVO PASCUAL, M. A.	2017	Revisão bibliográfica e currículo
Enseñanza de las ciências	François Bienvenu y la popularización científica en la Ilustración: demostraciones experimentales, entretenimiento y públicos de la ciencia	SUAY-MATALLANA, I.; BERTOMEU SÁNCHEZ, J. R.	2016	Prática
Enseñanza de las ciências	La enseñanza de la gravitación universal de Newton orientada por la historia y filosofía de la ciencia: una propuesta didáctica con un enfoque en la argumentación	TEIXEIRA, E. S.; FREIRE JUNIOR, O.; GRECA, I. M.	2015	Prática
Enseñanza de las ciências	Redefinir y resignificar la historia de la alquimia: Marie Meurdrac	SOLSONA PAIRÓ, N.	2015	Prática
Enseñanza de las ciências	Los instrumentos antiguos de los gabinetes de física. Propuesta de clasificación y estudio comparativo	FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, M.; SÁNCHEZ TALLÓN, J.	2013	Prática
Enseñanza de las ciências	Análisis del enfoque de historia y filosofía de la ciencia en libros de texto de química: el caso de la estructura atómica	FARÍAS CAMERO, D. M.; CASTELLÓ ESCANDELL, J.; FREDY MOLINA, M.	2013	Materiais didáticos
Enseñanza de las ciencias	La Historia de las Ciencias en el desarrollo de competencias científicas	ÁLVAREZ LIRES, M.; ARIAS CORREA, A.; PÉREZ RODRÍGUEZ, U.; SERRALLÉ	2013	Prática

		MARZOA, F.		
International Journal of Science Education	"It's a lesson with no correct answer": design issues in preservice teachers' use of history of science for lesson planning	PARK, W.; ERDURAN, S.; SONG, J.; KIM, M.	2022	Formação de professores
International Journal of Science Education	Nature of science in students' discussions on disagreement between scientists following a narrative about health effects of the Fukushima Daiichi accident	HAMZA, K.; WOJCIK, A.; ARVANITIS, L.; HAGLUND, K.; LUNDEGARD, I.; SCHENK, L.	2022	Prática
International Journal of Science Education	Understanding of Nature of Science (NOS) in pre-service teachers with different science content knowledge, before and after an intervention	VALENCIA NARBONA, M.; NÚÑEZ NIETO, P.; COFRÉ MARDONES, H.	2022	Formação de professores
International Journal of Science Education	Using the history of plate tectonics to teach the nature of science	NYARKO, S. C.; RUDGE, D. W.	2022	Prática
International Journal of Science Education	In-service science teachers' purposes for integrating the history of science: the role of their science teaching orientation	BAKANAY, Ç. D.; ÇAKIR, M.	2022	Formação de professores
Investigações em Ensino de Ciências	Do silêncio à discussão sobre gênero em um espaço de formação continuada de docentes de ciências e matemática	BENTO, A. S.; SOARES, A. C.; PASTORIZA, B. S.; SANGIOGO, F. A.	2023	Prática e formação de professores
Investigações em Ensino de Ciências	Contextualizando conteúdos científicos fundamentais à compreensão docente e estudantil da relação terra-universo sob a lente epistemológica da solução de problemas de Larry Laudan	BATISTA, C. A. S; PEDUZZI, L. O. Q.	2022	Prática
Investigações em Ensino de Ciências	Little Green Men: o episódio de detecção dos pulsares e o protagonismo de Jocelyn Bell Burnell	PIRES, L. N.; PEDUZZI, L. O. Q.	2022	Prática
Investigações em Ensino de Ciências	Jocelyn Bell Burnell e a descoberta dos pulsares: revisando pesquisas do ensino de física e de astronomia em uma perspectiva histórica	PIRES, L. N.; PEDUZZI, L. O. Q.	2022	Revisão bibliográfica
Investigações em Ensino de Ciências	As histórias em quadrinhos como opção para abordar a História e Filosofia da Ciência no ensino dos elementos químicos: o caso do lítio	LEITE, M. R. V.; CORTELA, B. S. C.; GATTI, S. R. T.	2021	Prática
Investigações em Ensino de Ciências	A inferência à melhor explicação como heurística para abordar episódios históricos no ensino de ciências por meio de controvérsias explicativas	RODRIGUES, R. F.; PEREIRA, A. P.	2020	Prática e epistemologia
Investigações em Ensino de Ciências	Influências de conhecimentos de natureza da ciência no planejamento de aulas relacionadas à História da Ciência	ALMEIDA, B. C.; JUSTI, R. S.	2020	Concepções e formação de professores
Investigações em Ensino de Ciências	Sobre a natureza da ciência: asserções comentadas para uma articulação com a História da Ciência	PEDUZZI, L. O. Q.; RAICIK, A. C.	2020	Epistemologia e prática

Investigações em Ensino de Ciências	Galvani, Volta e os experimentos cruciais: a emblemática controvérsia da eletricidade animal	RAICIK, A. C.	2020	Prática
Investigações em Ensino de Ciências	Ciência, ideologia, literatura e eugenia: aproximações entre as ideias biológicas de Renato Kehl e o discurso científico do livro “O presidente negro”, de Monteiro Lobato	TRAMONTINA, L. T.; MEGLHIORATTI, F. A.	2020	Prática
Investigações em Ensino de Ciências	A argumentação a partir de questões sociocientíficas na formação de professores de biologia	BRAGA, S. S.; MARTINS, L.; CONRADO, D. M.	2019	Concepções e formação de professores
Investigações em Ensino de Ciências	O uso de elementos da História e Filosofia da Ciência (HFC) em aulas de física em uma disciplina de estágio supervisionado: alguns resultados de pesquisa	BOARO, D. A.; MASSONI, N. T.	2018	Concepções e formação de professores
Investigações em Ensino de Ciências	A imagem do cientista: impacto de uma intervenção pedagógica focalizada na História da Ciência	RIBEIRO, G.; SILVA, J. L. J. C.	2018	Prática
Investigações em Ensino de Ciências	Perspectivas da sociologia do conhecimento científico e o Ensino de Ciências: um estudo em revistas da área de ensino	MEGLHIORATTI, F. A.; BATISTA, I. L.	2018	Revisão bibliográfica
Investigações em Ensino de Ciências	Experimentos exploratórios e experientia literata: (re)pensando a experimentação	RAICIK, A. C.; PEDUZZI, L. O. Q.; ANGOTTI, J. A. P.	2018	Epistemologia
Investigações em Ensino de Ciências	Os sentidos que os estudantes atribuem ao ensino de física e à sua abordagem histórica	VITAL, A.; GUERRA, A.	2018	Concepções
Investigações em Ensino de Ciências	Experimentos históricos e o ensino de física: agregando reflexões a partir da revisão bibliográfica da área e da História Cultural da Ciência	JARDIM, W. T.; GUERRA, A.	2017	Revisão bibliográfica e epistemologia
Investigações em Ensino de Ciências	Análise histórica do conceito de calor nos trabalhos de Joule e implicações para o ensino de física	CARVALHO, B. C.; GOMES, L. C.	2017	Prática
Investigações em Ensino de Ciências	A epistemologia de Bachelard e a construção do conceito de adaptação das espécies	CEZARE, P. S. L.; ANDRADE, M. A. B. S.	2016	Epistemologia e prática
Investigações em Ensino de Ciências	Controvérsias científicas na construção do conhecimento biológico: investigando um curso de formação continuada de professores referente à evolução biológica humana	BULLA, M. E.; MEGLHIORATTI, F. A.	2016	Prática, concepções e formação de professores
Investigações em Ensino de Ciências	O uso de abordagens da História da Ciência no ensino de biologia: uma proposta para trabalhar a participação da cientista Rosalind Franklin na construção do modelo da dupla hélice do DNA	ORTIZ, E.; SILVA, M. R.	2016	Prática
Investigações em Ensino de Ciências	A coerência e complementaridade entre a teoria da aprendizagem significativa crítica e a epistemologia de Paul Feyerabend	DAMASIO, F.; PEDUZZI, L. O. Q.	2015	Epistemologia
Investigações	Potencialidades e limitações de um	RAICIK, A. C.;	2015	Prática

em Ensino de Ciências	módulo de ensino: uma discussão histórico-filosófica dos estudos de Gray e Du Fay	PEDUZZI, L. O. Q.		
Investigações em Ensino de Ciências	A produção técnico-científica de James Prescott Joule: uma leitura a partir da epistemologia de Ludwik Fleck	QUEIRÓS, W. P.; NARDI, R.; DELIZOICOV, D.	2014	Prática e epistemologia
RBPEC	Uma Contribuição ao Ensino de Genética por Meio de uma Abordagem do Trabalho de Mendel à Luz do Fluxo Sanguíneo da Ciência de Bruno Latour	MELO, J. P.; COUTINHO, F. A.; RODRIGUES E SILVA, F. A.; VILAS-BOAS, A.	2022	Prática e epistemologia
RBPEC	Pulsating Stars: o Contexto Histórico de Pós-detecção dos Pulsares no Campo da Física e da Astronomia	PIRES, L. N.; PEDUZZI, L. O. Q.	2022	Prática
RBPEC	Vínculos Epistemológicos Entre Saberes da NdC e o Contexto Investigativo da Tradição de Pesquisa Grega Antiga sob a Lente da Solução de Problemas de Larry Laudan	BATISTA, C. A. S.; PEDUZZI, L. O. Q.	2022	Epistemologia e prática
RBPEC	Divulgação Científica: Para quê? Para quem? — Pensando sobre a História, Filosofia e Natureza da Ciência em uma Revisão na Área de Educação Científica no Brasil	LORENZETTI, C. S.; RAICUK, A. C.; DAMASIO, F.	2021	Revisão bibliográfica
RBPEC	Divulgação e Educação Científica Racista no Boletim de Eugenia (1929–1933): Uma Análise Crítica com Vistas a Contribuir para uma Educação em Ciências Contemporânea	LÉO NETO; N. A.	2021	Prática
RBPEC	Construindo a Caixa-Preta da Dualidade Onda-Partícula de Louis de Broglie em Sala de Aula	PERON, T.; GUERRA, A.	2021	Prática
RBPEC	Ilustrações Científicas e a Classificação do Mundo Natural no Século XVIII: Considerações para o Ensino de Ciências	VITOR, F. C.; MARTINS, A. F. P.	2021	Prática
RBPEC	Problematizando Práticas Científicas em Aulas de Física: o uso de uma História Interrompida para se Discutir Ciência de Forma Epistemológica-Contextual	SCHIFFER, H.; GUERRA, A.	2019	Epistemologia e prática
RBPEC	Discutindo o Processo de Criação Científica por meio de uma Abordagem Histórica da Anatomia Humana em um Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas	RIBEIRO, G.; SILVA, J. L. J. C.	2019	Prática e formação de professores
RBPEC	O Consenso Científico sobre Aquecimento Global Antropogênico: Considerações Históricas e Epistemológicas e Reflexões para o Ensino dessa Temática	JUNGES, A. L.; MASSONI, N. T.	2018	Prática e formação de professores
RBPEC	Uso da História da Ciência para Favorecer a Compreensão de Estudantes do Ensino Médio sobre Ciência	SANTOS, M.	2018	Prática

RBPEC	As Imagens Científicas como Estratégia para a Integração da História da Ciência no Ensino de Ciências	CALLEGARIO, L. J.; RODRIGUES JUNIOR, E.; OLIVEIRA, F. J. L.; MALAQUIAS, I.	2017	Revisão bibliográfica
RBPEC	História Cultural da Ciência: Um Caminho Possível para a Discussão sobre as Práticas Científicas no Ensino de Ciências?	MOURA, C. B.; GUERRA, A.	2016	Historiografia
RBPEC	A história da ciência e a divulgação científica na TV: subsídios teóricos para uma abordagem crítica dessa aproximação no ensino de ciências	SCHMIEDECKE, W. G.; PORTO, P. A.	2015	Historiografia e formação de professores
RBPEC	As Intuições Atomísticas de Bachelard	FERREIRA, L. M.; PEDUZZI, L. O. Q.	2014	Prática e epistemologia
RBPEC	Recursos Didáticos e História e Filosofia da Ciência em sala de aula: uma análise em periódicos de ensino nacionais	SCHIRMER, S. B.; SAUERWEIN, I. P. S.	2014	Revisão bibliográfica

Fonte: elaboração própria

Na análise dos artigos, notamos algumas menções a diálogos entre conhecimentos ou disciplinas que poderiam emergir dos trabalhos que estudaram propostas práticas de ensino: matemática, grandes navegações, prática militar e instrumentos de medida; matemática e decolonialidade; matemática e física; gênero e ciências; religião e ciências; física e química; astronomia e física; física, biologia e química; contextos das migrações rurais na idade contemporânea e os saberes tradicionais associados à produção de sabão; literatura e ciências; motores sociais no contexto dos estudos dos motores a vapor e elétrico; aspectos pessoais, éticos, culturais e políticos dos cientistas; ilustrações científicas e ciências; e, finalmente, botânica, física e matemática.

Apesar disso, somente um artigo mencionou explicitamente a possibilidade de um enfoque interdisciplinar a partir da História das Ciências. Vázquez Manassero e Vázquez Alonso (2017) propuseram em seu trabalho uma sequência didática interdisciplinar entre ciências e arte a partir do episódio histórico do telescópio de Galileu. A sequência didática envolve compreender os estudos astronômicos do século XVII em diálogo com a cosmovisão de Aristóteles e Ptolomeu e as observações astronômicas de Galileu em diálogo com quadros (estudos sistemáticos de História da Arte) produzidos no período. Além disso, reflexões sobre as ciências e a arte podem emergir do estudo histórico.

Os resultados mostram as potencialidades dos episódios históricos das ciências de mobilizar diálogos entre diferentes disciplinas escolares, mas a literatura ainda carece de propostas históricas interdisciplinares. Após essas reflexões, faremos considerações mais

teóricas sobre o campo de estudo da História das Ciências para depois retornarmos com mais exemplos de suas aplicações.

3.2 HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS E ENSINO

Por mais de 150 anos, pesquisadores e educadores têm recomendado a inclusão das contribuições da História das Ciências nos currículos e ensino das ciências. Mais recentemente, essa defesa tem sido cada vez mais forte na literatura internacional e nacional (NOURI; McCOMAS; APONTE-MARTINEZ, 2019).

Para pesquisadores e pesquisadoras, a interface entre História das Ciências e ensino pode possibilitar discutir em sala de aula o papel das ciências na sociedade, seu processo de construção (PERON; GUERRA, 2021), a dimensão humana, coletiva, social e cultural das ciências, o caráter de transformação dos conhecimentos científicos, que permite relacionar os empreendimentos científicos com seus contextos políticos, históricos, sociais, culturais e econômicos (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011; MOURA, 2014; MOURA; GUERRA, 2016), oportunizar a discussão não somente dos conceitos científicos já estabelecidos, mas também questões e reflexões sobre as ciências (IRZIK; NOLA, 2011; ALLCHIN, 2011, 2013; HODSON, 2014; ADÚRIZ-BRAVO, 2015), possibilitar que os estudantes e as estudantes compreendam conceitos difíceis, melhorem sua motivação e suas atitudes frente às ciências, desenvolvam habilidades como resolução de problemas, argumentação baseada em evidências e análise de documentos e textos e promover o desejo de seguirem carreiras científicas (NOURI; McCOMAS; APONTE-MARTINEZ, 2019).

Em relação aos conhecimentos e reflexões sobre as ciências, comumente chamados na literatura de conhecimentos de natureza das ciências, destacam-se as ideias de que fatores culturais, políticos e sociais influenciam as ciências, de que ciência e tecnologia não são sinônimas, mas impactam uma à outra e de que as ciências são atividades coletivas (McCOMAS; CLOUGH; NOURI, 2019).

Dessa forma, destacamos que a História das Ciências tem potencial de dialogar com a interdisciplinaridade já que pode permitir, no contexto do Ensino de Ciências, conhecer a dimensão humana, coletiva, social e cultural das ciências, relacionar os empreendimentos científicos com seus contextos políticos, históricos, sociais, culturais e econômicos e compreender os entrelaçamentos entre as diversas atividades humanas. Nesse sentido,

episódios históricos das ciências, no contexto educacional, podem mobilizar esses potenciais, inspirando um trabalho mais dialógico entre as disciplinas escolares e coletivo entre os sujeitos escolares.

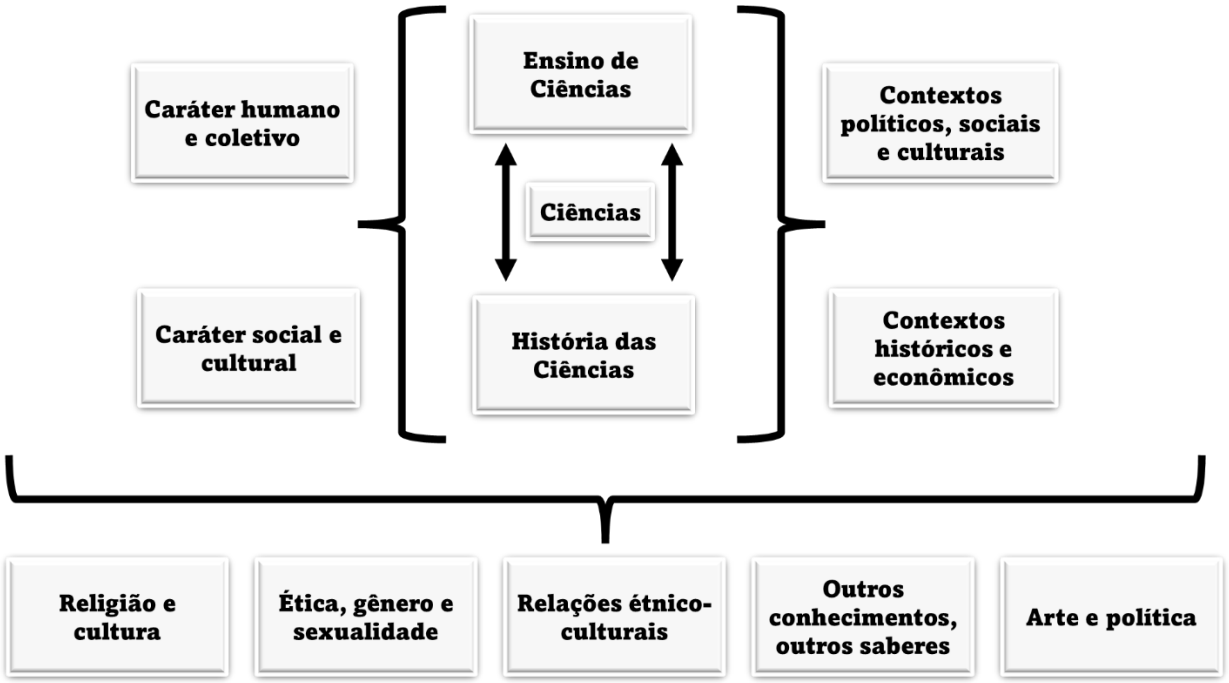
Considerando esses entendimentos, os critérios teóricos extraídos de nossas leituras até aqui são:

L. A proposta permite conhecer os domínios humano, coletivo, social e cultural das ciências;

M. A proposta permite relacionar os empreendimentos científicos com seus contextos políticos, históricos, sociais, culturais e econômicos;

N. A proposta permite compreender os entrelaçamentos entre as diversas atividades humanas.

Figura 13 – Relações entre Ensino de Ciências e História das Ciências produzindo um entendimento mais global das ciências



Fonte: elaboração própria

Porém, há 20 anos, Holton (2003) mostrava a disparidade que existia entre as narrativas históricas produzidas por historiadores das ciências daquelas presentes na educação em ciências, principalmente nos materiais didáticos e nos discursos de professores e professoras. Persistia (e ainda persiste) dentro da escola uma historiografia das ciências centrada em anacronismos, ingenuidade e outras inadequações que apresentam uma imagem

empobrecida e deformada das ciências. Sugeria, então, a parceria e aproximação entre historiadores das ciências e pesquisadores e educadores da área das ciências.

Passados 20 anos, os problemas ainda permanecem, apesar dos esforços de aproximação. Dessa forma, as perguntas que emergem neste ponto são: qual imagem das ciências queremos fomentar na educação científica escolar? De qual História das Ciências estamos falando? Qual História das Ciências e qual historiografia poderiam contribuir e dialogar com a ideia de interdisciplinaridade que foi abordada no capítulo 2 desta tese?

Primeiramente, faremos considerações sobre as ciências para depois explicitar a História das Ciências e sua linha historiográfica que serão utilizadas nesta pesquisa. Finaliza-se o capítulo aproximando História das Ciências, Ensino de Ciências e interdisciplinaridade.

3.3 REFLEXÕES E VISÕES SOBRE AS CIÊNCIAS

Esta tese procura se afastar de visões essencialistas das ciências como sistemas formais de proposições validadas por um suposto método científico infalível e universal, sem historicidade e sem conexão com as culturas humanas. Afasta-se também de concepções que consideram as ciências como próprias da natureza, esperando para serem desvendadas pelos humanos. Uma *Ciência* que não tem a ver com as coisas humanas, de história linear, evolutiva e progressiva e que revela as verdades absolutas presentes na natureza.

Dizer que as ciências possuem historicidade significa dizer que elas não se processam apenas cronologicamente, mas são produtos de interações locais e históricas, ou seja, as ciências têm uma história que as integra e, ao mesmo tempo, altera seu produto. Isso significa que as ciências são humanas e não podem ser compreendidas em si mesmas, mas em um determinado contexto histórico, cultural, social, econômico e político. As ciências, portanto, não têm uma história simplesmente cumulativa, linear, contínua e descritiva. Assim, a historicidade das ciências entende as ciências feitas por seres humanos como seres históricos e estabelecidos socialmente (CONDÉ, 2017).

As reflexões e visões sobre as ciências aqui contidas se aproximam bastante dos posicionamentos da corrente historiográfica denominada *science studies* ou dos estudos culturais e sociais das ciências ou ainda da História Social e Cultural das Ciências ou Nova História das Ciências. Os *science studies*, que emergiram com os trabalhos e Programa Forte de Bloor em 1976, procuram, em linhas gerais, analisar as ciências sob um enfoque histórico e

social (BLOOR, 2009). Apesar da diversidade de autores e autoras que serão citados e, podendo esses terem visões divergentes, acreditamos que todos têm em comum o fato de compreenderem as ciências como atividades humanas e, portanto, históricas.

Para Shapin (2013), as ciências possuem historicidade, ou seja, acontecem dentro de um determinado tempo histórico e são resultado deste. De modo similar, as ciências pertencem ao lugar de onde foram produzidas, ou seja, possuem marcas de localidade, mas também transitam entre os diferentes locais. A ciência não é única, mas as ciências são muitas, diversas e desunificadas. As ideias contemporâneas sobre as ciências se opõem às ideias de método e de gênio, já que não existe um método científico singular, coerente, efetivo que é realizado por um gênio solitário na produção de um fato científico. Os cientistas e as cientistas também são diversos e os conhecimentos têm sido produzidos por pessoas de cognição comum e de vida comum. A verdade não é um produto das ciências, mas sim sua credibilidade. As ciências não são um pensamento puro, mas são práticas, em que a mão é tão importante quanto a cabeça assim como uma acompanha a outra.

Nesta direção, Dominique Pestre (1996) afirma que as ciências são fabricadas por seres humanos e, dessa forma, suas provas produzidas repousam em simplificações, são incompletas e tendenciosas, ainda que possam fornecer resultados úteis e interessantes. As ciências também são coletivas, políticas, dependem da localidade e do tempo em que foram produzidas, têm natureza prática, se relacionam com governos, indústrias e fins militares. Não são neutras e podem produzir resultados ora interessantes ora problemáticos. Dessa forma, relacionam-se intimamente com a sociedade e com o ambiente (PESTRE; ROMERO, 2016).

Ainda na década de 1930, Ludwik Fleck (1896-1961) (2010) afirmava a impossibilidade de existir uma observação neutra e livre de pressupostos nas ciências. O pesquisador ou pesquisadora está sempre imerso em um enquadramento epistemológico e cheio de valores. Fleck também historiciza as condições de emergência dos fatos científicos, percebendo as ciências como atividades coletivas e complexas. A produção de fatos científicos está ligada a coletivos de pensamentos e estilos de pensamentos, constituem construções humanas complexas e variam segundo o objetivo da investigação científica (LÖWY, 1994).

Por fim, concordamos com quem defende que as diversas formas de conhecimento científico estão associadas a habilidades, práticas, instrumentos e métodos distintos, apropriados e negociados em circunstâncias locais e temporais, por atores situados em contextos sociais, políticos e culturais diversos. As ciências são um conjunto variado de

práticas culturais que não possuem métodos, convenções ou conceitos comuns. A produção dos fatos científicos tem necessariamente um caráter social, é coletiva, histórica, marcada por controvérsias, negociações e traduções de enunciados dentro da cultura buscando representar a realidade. O conhecimento científico é disputado e cheio de controvérsias antes de se tornar um fato científico estabelecido e circula de forma heterogênea (EDLER, 2015).

Essas reflexões sobre as ciências reforçam a ideia de assumirmos um discurso dialógico na educação e divulgação das ciências, aproximando ciências e sociedade, já que o discurso científico é formado também por diferentes vozes. Acreditamos que essas ideias sobre ciências discutidas têm o potencial, aliada a uma concepção de ensino dialógica, reflexiva e crítica, para formar estudantes também reflexivos e críticos sobre o papel das ciências na sociedade, sua importância e problemas envolvidos. As ciências não devem ser uma instância autoritária que exclui a sociedade, principalmente negros, mulheres, indígenas e outros grupos minorizados. As visões de ciências apresentadas nesta tese dão visibilidade a importância da participação pública nas discussões científicas. Para isso, é preciso compreender as ciências e seus funcionamentos numa perspectiva humana, histórica, social e cultural.

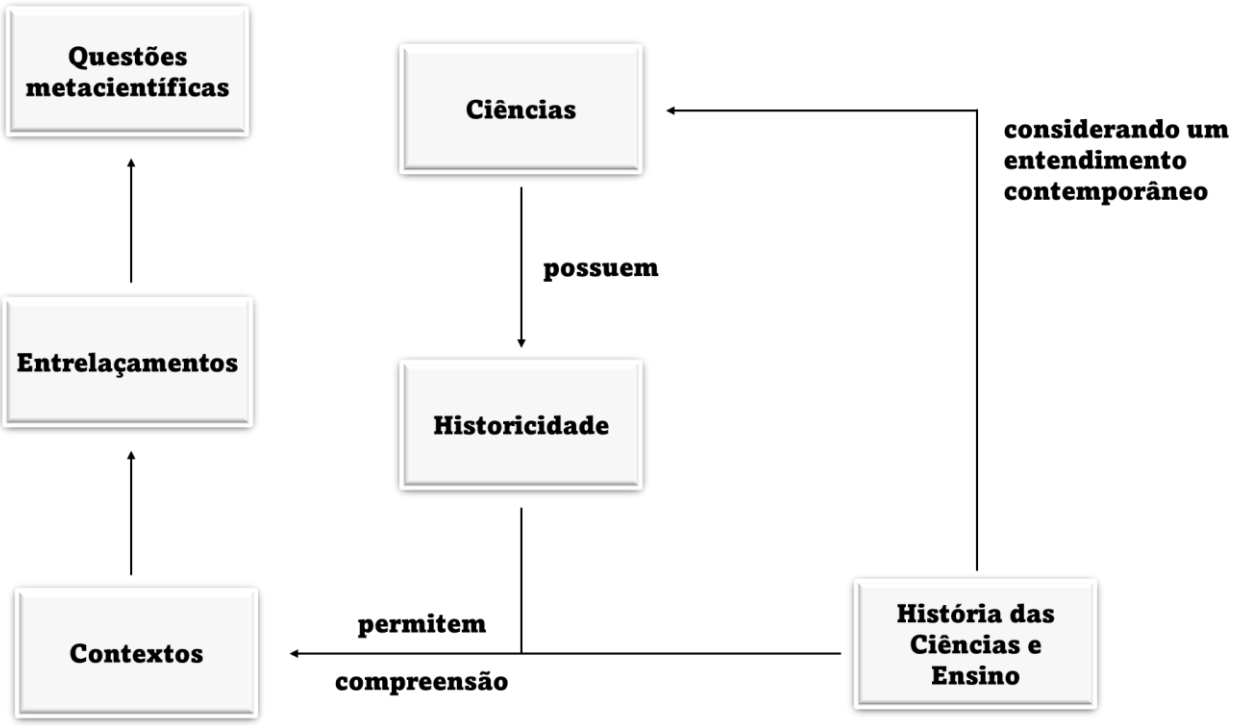
Se as ciências só podem ser compreendidas em relação a seus contextos históricos, políticos, sociais e culturais, é provável que um olhar unicamente disciplinar na escola não dê conta de suas complexas relações. Por mais que as diferentes ciências possuam identidade própria e mereçam ocupar lugar no currículo escolar, o estudo dessas poderia ser enriquecido utilizando a ideia de diálogo entre diferentes disciplinas escolares conforme apresentado no capítulo 2. Para isso, propõe-se o diálogo entre a História das Ciências e a interdisciplinaridade.

Por fim, das discussões e reflexões sobre as ciências, extraímos o seguinte critério teórico para análise de nossa proposta baseada em um episódio histórico:

O. A proposta permite compreender as ciências como um processo histórico e como fenômenos sociais e culturais.

Relacionando os critérios L, M, N e O, percebemos que a interface entre História das Ciências e Ensino de Ciências deve necessariamente entender as ciências como foi apresentado neste tópico para que a parceria produza suas potencialidades apresentadas com qualidade, como mostra a Figura 14.

Figura 14 – Critérios para o entendimento das ciências para a promoção das frutíferas parcerias entre História das Ciências e educação científica



Fonte: elaboração própria

Dadas nossas considerações sobre as ciências, vamos agora discutir nossas concepções sobre História das Ciências para que os diálogos entre interdisciplinaridade e esse campo de estudo forneçam resultados interessantes.

3.4 REFLEXÕES SOBRE A HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS

Baseamo-nos na linha historiográfica e entendimento da História das Ciências que contempla os entendimentos mais próximos do recorte dos estudos de ciências – *science studies*. Esse entendimento permite uma historiografia do meio social e cultural que envolve as ciências e as práticas científicas. Por isso, acreditamos que essa vertente historiográfica pode propiciar um diálogo com o entendimento de interdisciplinaridade assumido nesta tese, potencialmente produzindo objetos de estudo interdisciplinares e contribuindo para o enfrentamento da fragmentação do currículo como será retomado mais para frente.

Para Kostas Gavroglu (2007), a História das Ciências é a história das pessoas que se esforçaram por investigar e compreender a estrutura e o funcionamento da natureza e das sociedades e culturas humanas. Além disso, a História das Ciências também estuda as

instituições que foram criadas em conjunturas históricas complexas, nas quais as ciências foram cultivadas e consagraram-se técnicas e práticas teóricas. As pessoas convenceram umas às outras de que aquilo que acreditavam era verdadeiro, socializaram o seu entendimento sobre o funcionamento da natureza, das sociedades e culturas humanas e legitimaram os modos como tinham entendido em locais e condições particulares. As ciências adquirem então forma a partir das ideias, técnicas e práticas que as pessoas imaginaram para investigar a natureza, as sociedades e as culturas, as entidades, os princípios e leis descobertas, mas também, as instituições que criaram e as aplicações que imaginaram. As pessoas também dão forma às ciências a partir de suas diversas práticas sociais. Por isso, a História das Ciências, nesta perspectiva, estuda as ciências como fenômenos sociais e culturais, e os historiadores das ciências investigam suas histórias sabendo que as particularidades locais, temporais e culturais têm papel importante na formação do discurso científico, mas também na função social da ciência.

A História das Ciências foi dominada por abordagens, no início do século XX, que avaliavam a atividade científica sem considerar sua historicidade, sua dependência em relação aos arranjos sociais e da vontade dos humanos. No fim do século, ganharam realce a sociologia e a antropologia das ciências que, além de precondições complexas entre os anos 1920 e 1970, possibilitaram o aparecimento dos *science studies* (MAIA, 2013).

Os historiadores das ciências contemporâneos têm se debruçado sobre a variedade de conhecimentos sobre a natureza, as sociedades e as culturas humanas. Em interação com a filosofia, sociologia e antropologia das ciências, têm produzido estudos embasados na chamada virada linguística de Ludwig Wittgenstein (1889-1951), apropriada pelos membros do Programa Forte nas abordagens microssociológicas e micro-históricas, assim como nos estudos feministas, ampliando o escopo temático desses historiadores (EDLER, 2015).

Para Ilana Löwy (1994), a epistemologia de Fleck, assim como a “Nova História das Ciências”, buscam estudar as práticas científicas em conexão com inserções sociais e a historização das ciências. Não existe um único método científico nem uma “Ciência” uniforme. Não existem práticas científicas universais, apenas práticas locais amplamente difundidas através de redes de troca e de comunicação. A História das Ciências estuda essas práticas e as interações entre ciências e sociedade e as trocas entre essas entidades. Além disso, estuda as técnicas materiais, discursivas e sociais dos pesquisadores e suas possíveis inter-relações.

Pestre (PESTRE; ROMERO, 2016) afirma que os estudos sociais das ciências e das técnicas mostram que essas também têm uma dimensão política e que, historicamente, pelo menos nos últimos três séculos, passam por disputas políticas e contestações. Além disso, critica visões otimistas que afirmam que unicamente a "tomada de consciência", no período pós-guerra, pode e está revertendo os problemas causados pelas tecnociências. Segundo o pesquisador, esquece-se que a sociedade não é homogênea e que as ciências também têm dimensões econômicas, sendo as lógicas produtivas, de mercado e financeiras as mais poderosas.

Para Condé (2017), mais do que história, as ciências têm historicidade. Isso significa que estão necessariamente inseridas em um quadro histórico, social, cultural e político, e todo o conhecimento produzido se processa dentro desse quadro. O autor argumenta que a questão da historicidade das ciências emerge, de certa forma, com Thomas Kuhn (1922-1996) em 1962, mas o pensador ainda não conseguira resolver a querela internalismo *versus* externalismo, ou seja, superar a questão do relativismo frente a historicidade das ciências. É na contribuição de Wittgenstein que Condé (2017) afirma que a solução é encontrada. A questão da gramática das ciências nos leva a compreender as ciências como resultado da interação entre sociedade, linguagem e natureza. As ciências são invenções humanas e articulam linguisticamente a relação entre sociedade e natureza.

Toda essa defesa de que a História das Ciências, considerando a vertente assumida neste texto, estuda as ciências inseridas em contextos históricos, sociais, culturais, políticos e gramaticais complexos, nos dá pistas de que episódios históricos das ciências poderiam ser utilizados em contextos escolares não apenas para fomentar uma visão mais adequada das ciências, mas também ajudar na construção de práticas interdisciplinares assumindo nosso entendimento. Para isso, a vertente historiográfica dos episódios escolhidos deve estar alinhada com esse tipo de entendimento da História das Ciências.

A narrativa do episódio histórico escolhido foi baseada principalmente na obra das autoras Isabelle Stengers e Benadette Bensaude-Vincent. Dessa forma, é necessário analisar como essas autoras compreendem as ciências, a História das Ciências e suas vertentes historiográficas, o que será feito no próximo tópico.

Das reflexões sobre História das Ciências, emerge o seguinte critério de análise de nossos dados:

P. A proposta permite entender a historicidade das ciências.

Acreditamos que esse critério se aproxima bastante do critério estabelecido no marcador O e a Figura 14 já contempla as múltiplas relações entre os critérios já estabelecidos neste capítulo. Portanto, agora é o momento para analisar como as autoras que embasaram de forma mais contundente nossa pesquisa histórica se inserem nessas relações.

3.5 AS VISÕES HISTORIOGRÁFICAS DE ISABELLE STENGERS E BERNADETTE BENSAUDE-VINCENT

Isabelle Stengers é uma intelectual belga sediada na Universidade de Bruxelas que já passou por estudos da química, da História da Química e da Física, da historiografia, da filosofia, da bruxaria, das ciências e da política. Em *A invenção das ciências modernas* (1995), Stengers analisa a dimensão política das ciências em suas lutas por poder e suas singularidades. Atualmente tem pensado bastante nas relações entre ciências, política e mercado industrial (PINHEIRO DIAS et al., 2016).

Bernadette Bensaude-Vincent é professora emérita da Universidade de Paris 1 Panthéon-Sorbonne, historiadora e filósofa das ciências. Atualmente tem trabalhado com os novos desafios trazidos pelas tecnociências e a ética nas nano-biotecnologias (BENSAUDE-VINCENT; MOCELLIN, 2021). As duas pensadoras publicaram conjuntamente o livro *História da Química*, em 1992 (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

Nessa obra, as autoras procuraram se afastar de visões que procuram identificar qual é o momento "fundador" da química, aquela data exata em que se rompe com as práticas "pré-científicas", os "inúteis" conhecimentos "arcaicos" e saberes "ocultos" e o passado "obscuro" das tradições artesanais e da alquimia. Afastam-se das historiografias que procuram narrar a "evolução" da química através das leis e descobertas experimentais cuja acumulação levaram ao "progresso" da humanidade. Afastam-se também das concepções essencialistas da química, como se ela fosse inerentemente algo dado pela natureza. Para as autoras, a separação entre uma era pré-científica e uma era científica e visões essencialistas da química não resistiram à análise minuciosa de textos e documentos, como cursos, manuscritos, correspondências, cadernos e instrumentos de laboratório feitas por historiadores profissionais (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996). Acabaram-se as certezas sobre a "origem" e "evolução" da química e as análises têm se centrado mais nos detalhes das micro-histórias e análises microssociológicas. Como pensar então uma História *da* Química?

Para as autoras, a identidade da ciência química foi construída ao longo de uma longa história de práticas diversas e multiformes e sua especificidade foi moldada pelas intensas lutas por reconhecimento acadêmico, institucional e social, assim como nas controvérsias entre diferentes praticantes, o que criou uma autêntica cultura de químicos e químicas. Ainda, para as autoras, a química é produto de uma história. Mais do que ter uma história, a química é uma história em marcha, cuja singularidade se encontra na busca pela definição de seu território. A química é então um sujeito histórico que conjuga e articula continuamente as práticas instrumentais, as profissões (os químicos e químicas) e as instituições (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

Por isso, o critério de análise que identificamos na obra das duas autoras é:

Q. A proposta permite compreender as ciências como sujeitos históricos.

Os últimos critérios selecionados se conectam intimamente. Todos evidenciam o caráter histórico das ciências e sua importância. Compreender as ciências como um processo histórico envolve necessariamente compreendê-las como produtos humanos, algo que não é dado apenas pela leitura do "livro da natureza''.

Figura 15 – Relações entre ciências e história

Fonte: elaboração própria

De toda forma, acreditamos que as autoras citadas anteriormente se aproximam bastante das concepções de ciências e História das Ciências dos *science studies*, afirmando a historicidade das ciências e estando essas inseridas em um meio social e cultural. Assim, escolhemos basear o episódio histórico selecionado principalmente na narrativa de Stengers e Bensaude-Vincent. Acreditamos que narrativas como essa, como discutido, podem propiciar um entendimento mais adequado das ciências na escola e potencialmente contribuir com práticas interdisciplinares de ensino. Nos resta agora discutir como aproximar essas concepções de ciências, História das Ciências e historiografia das ciências com as concepções de Ensino de Ciências e interdisciplinaridade que queremos fomentar na escola.

3.6 HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS, ENSINO DE CIÊNCIAS E INTERDISCIPLINARIDADE

Já foram abordadas neste capítulo as visões sobre ciências, História das Ciências e historiografia que essa tese assumiu, além das contribuições que a aproximação entre um enfoque contemporâneo da História das Ciências pode propiciar para um Ensino de Ciências que almeja a formação de uma cidadania mais crítica e reflexiva sobre o papel das ciências na sociedade.

Discutimos que a História das Ciências nessa abordagem contribui para uma reflexão mais adequada sobre as ciências no ensino, principalmente em relação ao papel que elas exercem na sociedade e como se dá seu processo de construção, permitindo uma formação política-científica na educação básica.

Essa reflexão mais adequada, se refere a uma imagem de ciências que discutimos anteriormente que envolve compreendê-las em sua historicidade, humanidade, coletividade e em seus diversos contextos, se afastando de ideias empobrecidas e ingênuas como a dos grandes gênios e métodos infalíveis. Essa imagem humana e histórica pode permitir que os estudantes e as estudantes possam tanto se apropriar criticamente dos conceitos de e sobre ciências, como se empoderarem cientificamente e se reconhecerem nas ciências para participar ativamente das discussões científicas.

A História das Ciências que permite tratar dessas questões com mais profundidade é aquela que estuda as pessoas, as instituições, as técnicas, as teorias, a socialização, a credibilidade e a aplicação do conhecimento em contextos sociais e culturais. Por isso, nos aproximamos da historiografia dos *science studies* e da leitura de Bensaude-Vincent e Stengers acreditando que em ambos os casos se compreende as ciências como históricas,

humanas e imersas na cultura e sociedade. Devemos, então, nos afastar dos anacronismos e outras inadequações de uma historiografia mais tradicional e ingênua das ciências.

Essas contribuições se articulam com a ideia de interdisciplinaridade crítica que queremos promover na educação, além de dialogarem com as ideias da pedagogia crítica do lugar/ambiente que nos forneceu bases conceituais para entender a interdisciplinaridade. Consideramos que as abordagens contemporâneas da História das Ciências, a noção de interdisciplinaridade crítica e a pedagogia crítica do lugar/ambiente se articulam ao exigir do Ensino de Ciências uma educação emancipatória que permita a formação de pessoas preparadas para a vida pública com um olhar político para as questões socioambientais que permeiam nossos ambientes locais e globais. Este é um primeiro ponto de convergência.

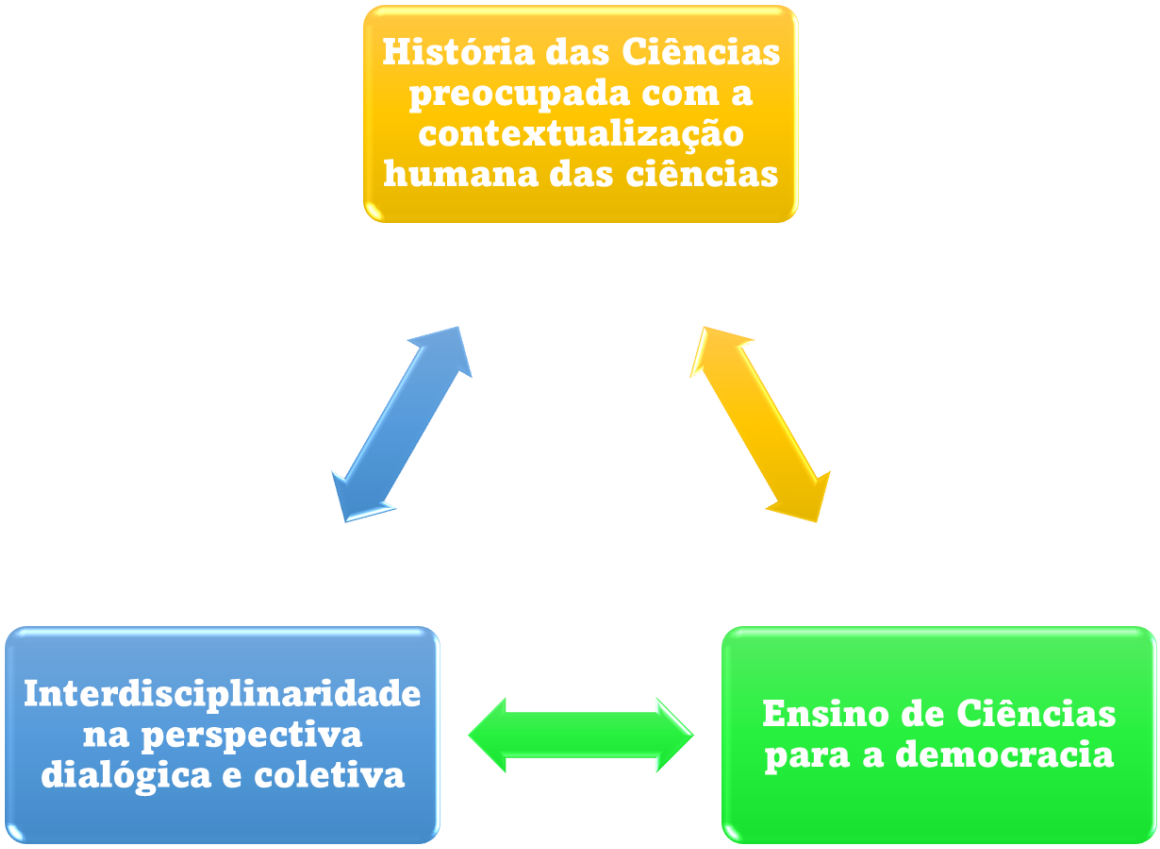
Outro aspecto caro a essa História das Ciências é oportunizar relacionar as ciências com seus contextos históricos, políticos, culturais, sociais, econômicos, éticos, de gênero, étnico-raciais etc. Acreditamos que essas relações são mais favoráveis no contexto escolar caso sejam proporcionados diálogos horizontais considerando as diferentes vozes das disciplinas escolares, buscando uma maior integração entre os conhecimentos escolares produzindo uma interface. Os diálogos poderiam emergir a partir do estudo de um caso histórico das ciências – funcionando como um tema gerador – ou poderiam ser utilizados para uma melhor compreensão do próprio estudo de caso, mobilizando pessoas de diferentes especialidades. Dessa forma, História das Ciências e interdisciplinaridade se beneficiariam mutuamente.

Também discutimos a ferramenta teórico-analítica de Barbiéri e Francoy (2020) utilizada para compreender de forma interdisciplinar a atividade da meliponicultura. Essa estratégia também poderia ser utilizada para analisar e fomentar uma visão mais adequada e interdisciplinar de um determinado caso histórico, já que, assim como no caso da criação das abelhas sem ferrão, acreditamos que casos históricos das ciências estão imersos em múltiplos domínios e diferentes escalas – necessitando de múltiplos olhares para sua compreensão. No caso escolar, esses múltiplos olhares seriam mais proveitosos por meio do diálogo entre diferentes disciplinas e sujeitos escolares.

Ainda destacamos o papel coletivo e humano da atividade científica que dialoga com as ideias de currículo interdisciplinar que nos baseamos: o não-isolamento de docentes, estudantes, conteúdos, disciplinas e seus diversos contextos.

Dessa forma, assumimos que há uma sintonia entre a História das Ciências, o tratamento interdisciplinar e o Ensino de Ciências, desde que a abordagem histórica escolhida seja a da contextualização das ideias, a consideração dos contextos, continuidades e rupturas e do caráter humano e coletivo das ciências, a abordagem interdisciplinar seja aquela da criticidade, coletividade, contextualização, dialogicidade e interescalar e que a educação científica almejada seja uma educação democrática, de qualidade, socialmente referenciada e que valoriza os sujeitos escolares e a escola como local privilegiado de produção e socialização do conhecimento.

Figura 16 – História, Ensino e interdisciplinaridade das ciências



Fonte: elaboração própria

Apesar de nosso estudo se dar fora do contexto escolar, julgamos também importante fazer uma breve consideração sobre qual concepção de ensino e aprendizagem de ciências subsidiaria a promoção da triangulação apresentada anteriormente e sistematizada na Figura 16, ou seja, a ideia pedagógica que sustentaria todas essas relações.

Acreditamos que as propostas historiográficas mais tradicionais da História das Ciências no ensino, que reforçam o culto a personalidades heroicas, a neutralidade das ciências e a rigidez de um possível método científico que leva a verdades absolutas e ao

progresso da humanidade, são bastante adequadas a um ensino e aprendizagem de ciências de concepção tradicional e desatualizado, que visa a transmissão e recepção dos conteúdos científicos sem reflexão e criticidade. Por outro lado, abordagens educacionais que consideram uma historiografia mais contemporânea e contextualizada da História das Ciências, uma interdisciplinaridade que subjaz as ideias de diálogos, escalas e múltiplos domínios e um Ensino de Ciências voltado para a democracia, se adequam mais a uma linha pedagógica de cunho socioconstrutivista, que considera os estudantes e as estudantes como sujeitos históricos e sociais inseridos na cultura.

Para a concepção socioconstrutivista, o conhecimento científico não é diretamente transmitido para o aprendiz, mas sim construído ativamente por ele como consequência de um processo de aculturação nos discursos científicos. Os socioconstrutivistas também enxergam o conhecimento científico como simbólico e socialmente construído. Isso significa que os conceitos utilizados para descrever e modelar os fenômenos naturais e sociais não são diretamente dados pela natureza, mas foram inventados e impostos sobre eles buscando interpretá-los e explicá-los. Uma vez construídos e acordados dentro da comunidade científica, os conceitos começam a fazer parte do mundo discursivo das ciências. O conhecimento científico é então construído e comunicado através da cultura e das instituições sociais das ciências (DRIVER et al., 1999).

Isso implica que o processo de ensino e aprendizagem das ciências na escola envolve ser iniciado nas ideias e práticas da comunidade científica e tornar essas ideias e práticas significativas no nível individual e social. O papel do professor e da professora é de atuarem como mediadores entre o conhecimento científico e os estudantes e as estudantes (DRIVER et al., 1999).

Dessa forma, enxergamos que as ideias socioconstrutivistas se aproximam dos entendimentos de ciências, Histórias das Ciências, historiografia das ciências, interdisciplinaridade e Ensino de Ciências aqui discutidos. Se as ciências são produtos de uma história e construções coletivas humanas inseridas em um dado contexto cultural, social e discursivo e a História das Ciências estuda essas ciências como fenômenos sociais e culturais, o conhecimento científico pode ser mais bem construído pelos estudantes e pelas estudantes em sala de aula em uma perspectiva que também considera as ciências como produtos humanos, históricos, sociais, culturais e discursivos e considera que as pessoas não podem ser dissociadas do contexto histórico, social e cultural em que estão inseridas. Dessa forma, consideramos que além de se aproximarem de narrativas históricas adequadas do ponto de

vista historiográfico, conforme vertente apresentada neste capítulo, as narrativas também devem articular conhecimento científico, ensino e aprendizagem de ciências e pedagogia, considerando os entendimentos aqui propostos.

Além disso, propomos a ideia de diálogo entre as disciplinas escolares, integrando os conhecimentos escolares para uma visão mais global e crítica dos fenômenos naturais e sociais. Isso indica que um dado episódio histórico, para promover esse tipo de aprendizagem das ciências e dos conhecimentos científicos que estamos propondo deve articular necessariamente os entendimentos aqui discutidos sobre interdisciplinaridade, ciências, História das Ciências, historiografia e pedagogia.

Por fim, das discussões socioconstrutivistas, elegemos o seguinte critério para analisar nossos dados:

R. A proposta permite compreender as ciências como socialmente construídas, simbólicas e discursivas.

Para finalizar o capítulo, vamos analisar possíveis exemplos que articulam as ideias teóricas até agora discutidas.

3.7 ALGUNS EXEMPLOS POSSÍVEIS DE DIÁLOGOS ENTRE A HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS E A INTERDISCIPLINARIDADE NO ENSINO E APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS

Buscando complementar nossa revisão da literatura e procurar mais exemplos de trabalhos que promovam a interdisciplinaridade a partir de casos históricos das ciências, revisamos e analisamos as potencialidades dos artigos publicados na seção temática *História das Ciências e Educação* da *Revista Brasileira de História da Ciência* que, desde 2017, vem contribuindo para as discussões a respeito da interface História das Ciências e ensino. Anteriormente, na edição de número 2 do ano de 2014 da revista, o dossiê *História das Ciências e Ensino de Ciências* já demonstrava a preocupação da revista e da comunidade científica com essa interface.

Compilamos no Quadro 3 todos os artigos publicados na seção mencionada desde sua criação e analisamos suas potencialidades interdisciplinares para além da disciplina ou temática de origem que o artigo se propôs a discutir. Criamos, então, na última coluna do

Quadro, os assuntos que emergem da leitura do estudo do episódio histórico que os autores e autoras dos artigos estudaram.

Destacamos desse levantamento quatro exemplos de como episódios históricos das ciências podem contribuir para a interdisciplinaridade no contexto escolar. No trabalho de Leal e Forato (2021), evidenciam-se discussões sobre ciências, tecnologia e sociedade invocando aspectos conceituais, tecnológicos, éticos, econômicos, questões de gênero e educação para os direitos humanos a partir do episódio histórico das *garotas do rádio*. O episódio centra-se nas discussões sobre mulheres que trabalhavam na linha de frente da produção de objetos que incluíam o uso da radioatividade no início do século XX que adoeceram e passaram a reivindicar diagnósticos médicos corretos, tratamento adequado e indenizações trabalhistas. Além disso, o episódio permeia discussões éticas envolvendo um médico que foi pago pela indústria para passar a defender o uso da radioatividade naquele contexto e que distribuiu exames com falsos negativos a várias mulheres.

Os autores (LEAL; FORATO, 2021) sugerem que o episódio seja trabalhado na formação de professores para promover o diálogo entre diversas questões: médicas, éticas, de gênero, econômicas, comerciais, epistemológicas, entre outras. Destacam-se o entendimento dos elementos radioativos e sua interação com a matéria orgânica, questões financeiras, questões éticas no desenvolvimento de pesquisas e tópicos relacionados aos direitos humanos.

Cardoso, Barcellos e Guerra (2021) discutem o episódio de construção do sistema heliostático de Copérnico através de fatores sociais e de outros personagens, principalmente árabes, que influenciaram a produção desse conhecimento científico. A discussão da narrativa passa pela compreensão do dispositivo matemático árabe *Par de Tusi* que influenciou conhecimentos da astronomia árabe e se relacionou com a astronomia copernicana. Além dessas discussões, é possível compreender a importância da Universidade de Pádua como ponto de encontro entre culturas no século XVI. Há, portanto, menções a contextos históricos importantes do século mencionado e suas relações com a Igreja e o comércio – como a Rota Veneziana de Especiarias. Dessa forma, o episódio tem potencial de discutir aspetos de diferentes disciplinas escolares além de promover uma imagem mais adequada das práticas científicas, que envolvem múltiplos atores, circulação de ideias, mercadorias, pessoas, traduções e o encontro entre diferentes culturas.

Já no artigo de Santos et al. (2021), o foco é a utilização da epistemologia de Kuhn para o ensino de ciências, usando como exemplo o conceito de homossexualidade. O

trabalho permite discutir diálogos entre sexualidade e ciências em um enfoque interdisciplinar entre as ciências biológicas e humanas.

Por último, Santos e Grabe-Guimarães (2019) discutem e comparam o livro *Curso de Pharmacologia* (1925-1926) do professor Jovelino Mineiro de Ouro Preto-MG com o compêndio mais atualizado e mais utilizado em cursos de farmácia atualmente de Penildon Silva. O estudo permite discutir aspectos químicos, físicos, botânicos e fisiológicos envolvendo a farmacologia das drogas, sua classificação, efeitos terapêuticos e adversos, toxicologia e dosagem, além do uso de plantas medicinais no contexto do início do século XX.

Quadro 3 – Artigos publicados na seção História das Ciências e Educação da Revista Brasileira de História da Ciência

Título	Autores	Ano de publicação	Assuntos que emergem do estudo do episódio
De Mach ao 'novo experimentalismo' um resgate histórico-epistemológico de experimentos de pensamento	RAICIK, A. C.; PEDUZZI, L. O. Q.	2021	Teoria da Relatividade e experimentos mentais. Menções ao aparato matemático necessário para compreensão da teoria
As garotas do rádio e sua busca por justiça e dignidade: possibilidades de abordagens históricas para o ensino de ciências	LEAL, K.; FORATO, T. C. M.	2021	Radioatividade, questões de gênero e classe social, questões éticas e de direitos humanos
As formas de pensar a vida como objeto de estudo primordial da biologia	SIMÃO, M. M.; PARANHOS, R. D.; GUIMARÃES, S. S. M.	2021	Fenômeno vida. Estilo de pensamento biológico em uma perspectiva fleckiana
O episódio copernicano revisitado pela via das práticas científicas e a utilização do Dispositivo de Tusi	CARDOSO, E.; BARCELLOS, M.; GUERRA, A.	2021	Dispositivo matemático Par de Tusi, física e astronomia copernicana, circulação do conhecimento entre o mundo árabe e a Europa, contextos históricos envolvendo a Universidade de Pádua no século XVI, igreja e religião e rotas comerciais na Idade Média
Epistemologia kuhniana e transformações científicas da homossexualidade	SANTOS, C. F.; ARRUDA, M. M.; PEREIRA, P. S.; MACHADO, V. M.	2021	Sexualidade humana e ciências e contextos históricos referentes ao entendimento de homossexualidade ao longo da história humana
O curso de psicologia da FFCH/UFBA: um panorama histórico de	SOUZA E SILVA, R. M.	2021	Processo de institucionalização das ciências e demandas

sua formação			sociais
A trajetória do sangue no corpo humano a história da ciência na formação continuada de professores de biologia	AUGUSTO, T. G. S.; SILVA JUNIOR, C. A. S.	2020	Circulação sanguínea e sistema circulatório
História e filosofia da ciência no ensino de química: entre a negação e o devir	ILHA, G. C.; ADAIME, M. B.	2020	-
Um olhar sobre uma bibliografia brasileira de farmacologia do início do século XX	SANTOS, W. P.; GUIMARÃES, A. G.	2019	Contextos históricos brasileiros, contextos históricos, sociais e institucionais de Ouro Preto-MG e aspectos químicos, físicos, botânicos e fisiológicos envolvendo a farmacologia do início do século XX
A rã enigmática e os experimentos exploratórios dos estudos iniciais de Galvani à sua teoria da eletricidade animal	RAICIK, A. C.	2019	Eletricidade, contextos históricos do século XVIII, fisiologia animal e papel da experimentação nas ciências
As ideias iniciais de Clausius sobre entropia e suas possíveis contribuições à formação de professores	AURANI, K. M.	2018	Entropia, leis da termodinâmica, energia, calor e formulação matemática da entropia

Fonte: elaboração própria

Além dos trabalhos presentes na seção *História das Ciências e Educação*, identificamos outros trabalhos com potencialidades interdisciplinares no dossiê *A História da Ciência para uma Educação em Ciências do Futuro: Desafios Contemporâneos na América Latina* presente na mesma revista e publicado na edição número 2 de 2022.

Identificamos cinco dos onze trabalhos do dossiê com o potencial que procuramos. Alves-Brito e Macedo (2022) discutem as possibilidades da inclusão da História das Ciências ameríndia e amefricana para contribuir com um Ensino de Ciências mais democrático, antirracista e decolonial. Em uma mesma direção, Dias e Arteaga (2022) argumentam a favor de uma História das Ciências antirracista e que promova discussões étnico-raciais no Ensino de Ciências a partir do episódio do ensino de evolução humana. Gomes, Lorenzetti e Aires (2022) também debatem a favor de uma perspectiva decolonial da História das Ciências. Mulinari (2022) discute o tema microrganismos em uma perspectiva histórica e interdisciplinar, potencialmente envolvendo não só as ciências da natureza, mas também as humanas e sociais e até a literatura, língua portuguesa e as artes. Por fim,

Sepulveda e Farias (2022) defendem o uso de narrativas históricas da área da biologia para promover epistemologias feministas e uma educação antiopressiva.

Acreditamos que os exemplos trazidos neste tópico mostram uma preocupação atual dos pesquisadores e pesquisadoras em História das Ciências em relacionar diferentes campos do conhecimento. Por isso, consideramos importante subsidiar propostas com esse caráter dialógico entre conhecimentos, disciplinas, sujeitos etc. pensando em uma educação crítica e emancipadora no Ensino de Ciências.

4 METODOLOGIA DE PESQUISA

> *Tem de todas as coisas. Vivendo, se aprende; mas o que se aprende mais é só a fazer outras maiores perguntas.*
>
> JOÃO GUIMARÃES ROSA, GRANDE SERTÃO: VEREDAS

O caminho escolhido para esta pesquisa foi baseado em uma pesquisa histórica utilizando fontes secundárias sobre o episódio da fabricação de soda na Europa dos séculos XVIII e XIX, seguido de análise dos potenciais interdisciplinares do episódio seguindo critérios extraídos de nossos referenciais teóricos.

A modalidade da pesquisa histórica é definida, segundo Megid Neto, como:

> Investigações sobre o passado próximo ou remoto, em que se registram e narram fatos ou circunstâncias e as articulações entre eles, buscando explicações para os mesmos. Podem se referir a um indivíduo, um grupo, um movimento, uma ideia ou uma instituição, contudo, como esses elementos estão sempre inter-relacionados, não podem ser considerados de forma isolada. Nesse sentido, nenhuma pessoa pode ser alvo de uma investigação histórica, por exemplo, sem uma consideração de sua contribuição às ideias, movimentos ou instituições de uma particular época ou lugar. Neste tipo de pesquisa, as principais fontes de informação provem de pessoas que viveram as situações estudadas e de documentos, quando se trata de eventos razoavelmente recentes, ou de documentos, de locais e de objetos, quando se trata de eventos muito remotos (MEGID NETO, 2011, p. 131).

Essa modalidade de pesquisa consiste na busca de informações históricas a partir de documentos, objetos, arquivos, experiências e observações de outras pessoas. Tais informações devem ser analisadas, reconstruídas e reinterpretadas de forma crítica, visto que são sempre lidas e relidas, interpretadas e reinterpretadas à luz do presente (ARÓSTEGUI, 2006).

Dentre as fontes de conhecimento histórico, escolhemos o caminho das fontes secundárias, pois nosso objetivo principal não foi produzir conhecimentos históricos sobre as ciências para serem usados em sala de aula, mas sim, produzir conhecimentos em relação a possibilidades interdisciplinares no ensino a partir de casos históricos da História das Ciências considerando os entendimentos deste texto. Além disso, a pesquisa histórica em fontes primárias demandaria um longo período de estudo em documentos históricos franceses. Apesar das fontes secundárias nos afastarem um pouco de construir uma narrativa com maior riqueza de detalhes, acreditamos que o caminho das fontes secundárias seria o mais próximo da realidade dos professores e professoras da educação básica, o que nos permite avaliar também a potencialidade e os perigos de se trabalhar com essas fontes.

Dessa forma, partimos originalmente de um episódio da História da Química, pois é nossa disciplina de formação, buscando evidenciar que esse extrapola suas fronteiras de origem, apresentando as ciências como atividades conectadas a uma densa teia de significados, relações e domínios, o que pode conferir caráter interdisciplinar para o contexto escolar. Acreditamos que essa abordagem pode favorecer uma compreensão mais integrada das ciências pelos estudantes, ao menos de forma menos fragmentada.

Inicialmente, a partir de uma leitura prévia no livro *História da Química* de Bernadette Bensaude-Vincent e Isabelle Stengers (1996), procuramos selecionar um episódio histórico que contivesse o potencial interdisciplinar que procurávamos.

Escolher um episódio que trata da formação da indústria química pesada na Europa em um período de industrialização e revoluções pareceu uma boa escolha de um caso histórico com esse potencial, já que o episódio da fabricação de soda aborda processos físicos e químicos em contextos históricos clássicos que moldaram o mundo contemporâneo, como a Revolução Industrial e a Revolução Francesa, períodos muito importantes de desenvolvimentos científico, tecnológico, social e cultural da humanidade. Como as indústrias químicas normalmente impactam a economia e o meio-ambiente, o episódio também apresenta indicativos de contribuição para se pensar as complexas relações entre ciências e sociedade.

Na segunda etapa, após a escolha do episódio, buscamos em bases de dados de revistas consolidadas na área da História das Ciências, artigos sobre a história do episódio. Utilizamos as bases das revistas *Isis*, *Osiris*, *History of Science*, *Annals of Science*, *Révue d'Histoire des Sciences*, *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, *The British Journal for the History of Science* e *Notes & Records of The Royal Society*, utilizando os termos de busca: *soda, soda manufacturing/production/fabrication*, *Leblanc process, Nicolas Leblanc*, *Solvay process* e *Ernest Solvay*. Buscamos artigos mais recentes, a partir de 2010, que contivessem em sua narrativa a preocupação historiográfica que descrevemos no capítulo 3. Verificando poucos resultados sobre a história do processo, consideramos usar artigos mais antigos, sendo essa a principal fragilidade da escolha do episódio e da narrativa apresentada no próximo capítulo.

Além de artigos selecionados a partir dessas revistas, selecionamos livros sobre História da Química, principalmente o de Bensaude-Vincent e Stengers, que embasou boa parte da construção de nossa narrativa e análise, conforme discutido no capítulo 3.

Com os textos selecionados, acessamos e analisamos os dados presentes a partir dos referenciais da interdisciplinaridade e História das Ciências discutidos nos capítulos anteriores. Seguindo a ideia do trabalho de Gandolfi e Figueirôa (2014), selecionamos e extraímos trechos dos textos e os numeramos ao longo do próximo capítulo. Depois, cada trecho foi contextualizado e analisado construindo-se uma narrativa seguida de análise dos potenciais interdisciplinares do episódio. A ideia de Gandolfi e Figueirôa em sua pesquisa foi apresentar trechos das fontes primárias que pudessem ser lidos e estudados em contexto de ensino, considerando a potencialidade do trabalho com essas fontes. No nosso caso, os trechos foram selecionados para serem analisados segundo nossas ideias de interdisciplinaridade, História das Ciências e pedagogia. A ideia é responder: qual a potencialidade interdisciplinar de se trabalhar com essas fontes em contexto escolar? Quais diálogos são possíveis de se estabelecer? Quais problemas podem emergir?

Para a construção dos diálogos, seguimos critérios definidos a partir de nossos referenciais teóricos, pensando em como o episódio poderia contribuir para a promoção da interdisciplinaridade através dos nossos entendimentos de interdisciplinaridade e Histórias das Ciências construídos ao longo desta pesquisa.

Detalhamos os critérios de análise nos capítulos de nosso referencial teórico. Retomamos essas características agora em uma lista única:

A. A proposta possibilita integrar os conhecimentos de diferentes disciplinas, cruzando as fronteiras disciplinares;

B. A proposta promove um entendimento mais crítico do mundo;

C. A proposta propicia uma compreensão entre parte e todo do conhecimento;

D. A proposta permite conhecer os aspectos micro e macro dos fenômenos naturais e sociais;

E. A proposta permite o diálogo entre conhecimentos de diferentes disciplinas escolares, considerando suas diferentes vozes de forma horizontal;

F. A proposta permite conhecer os diferentes domínios que um objeto de estudo se insere;

G. A proposta permite estabelecer uma interface entre as disciplinas escolares;

H. A proposta permite maior diálogo entre os conteúdos de maneira geral, possibilitando menor isolamento entre as disciplinas escolares, diminuindo a classificação e proporcionando a flexibilização das fronteiras disciplinares;

I. A proposta permite maior interação social e diálogo entre professores, estudantes e outros atores escolares, aumentando o poder do grupo, diluindo o controle interno e externo e permitindo o não-isolamento dos sujeitos, rompendo com a falsa sensação de segurança;

J. A proposta permite considerar o contexto, o cotidiano e a realidade vivida e experenciada pelos estudantes e seus diferentes códigos, considerando-os como sujeitos participantes do processo de ensino e aprendizagem;

K. A proposta permite a participação dos professores e professoras na elaboração do planejamento do currículo;

L. A proposta permite conhecer os domínios humano, coletivo, social e cultural das ciências;

M. A proposta permite relacionar os empreendimentos científicos com seus contextos políticos, históricos, sociais, culturais e econômicos;

N. A proposta permite compreender os entrelaçamentos entre as diversas atividades humanas;

O. A proposta permite compreender as ciências como um processo histórico e como fenômenos sociais e culturais;

P. A proposta permite entender a historicidade das ciências;

Q. A proposta permite compreender as ciências como sujeitos históricos;

R. A proposta permite compreender as ciências como socialmente construídas, simbólicas e discursivas.

Os critérios entre A e G vieram dos referenciais da interdisciplinaridade; entre H e K dos referenciais do currículo; e entre L e R dos referencias da História das Ciências. Relacionando esses referenciais e, notando repetições e critérios que não poderiam ser analisados na nossa pesquisa, como já foi comentado (I, J e K), definimos os seguintes critérios globais que buscamos em nosso episódio para servir de base para a construção de diálogos que potencialmente contribuam para a promoção da interdisciplinaridade e a

construção de um currículo que enfrente os processos de fragmentação do conhecimento através das contribuições da História das Ciências:

1. Permitir maior diálogo, integração e menor isolamento entre os conhecimentos de diferentes disciplinas escolares estabelecendo uma interface, permitindo conhecer os diferentes domínios e os aspectos macro e micro de fenômenos naturais e sociais, possibilitando um entendimento mais crítico e global do mundo;

2. Permitir relacionar os conhecimentos científicos com seus diversos contextos de produção, como o histórico, social, político, cultural, econômico e processos decisórios envolvidos;

3. Permitir conhecer o caráter histórico, humano, social, cultural, coletivo e discursivo da atividade científica.

Dessa forma, construímos a narrativa sobre o episódio e os diálogos acima mencionados seguindo os critérios elaborados. Após a construção de cada diálogo também verificamos a possibilidade do episódio dialogar com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), elegendo objetos de conhecimento, competências e habilidades que poderiam ser trabalhados em um contexto de ensino a partir do documento. A ideia é que nossa proposta não se submeta ao documento, mas que possa dialogar também com ele.

Por fim, também usamos as ideias de dialética interescalar e múltiplos domínios construídas no capítulo 2. Construímos nossa narrativa baseado no conceito de escalas, explicitando os acontecimentos globais (escala macro) e os acontecimentos locais (escala micro) do episódio. Também utilizamos a ferramenta teórica proposta por Barbiéri e Francoy (2020) para analisar a potencialidade interdisciplinar do estudo do episódio.

Figura 17 – Critérios globais para a análise do episódio histórico

Fonte: elaboração própria

Reforçamos que não se trata de uma proposta de ensino pronta para ser usada em sala de aula, mas sim, uma forma de refletir e oferecer subsídios para professores e professoras sobre as potencialidades interdisciplinares de se trabalhar com a História das Ciências no ensino.

5 A FABRICAÇÃO DE SODA NA EUROPA DOS SÉCULOS XVIII E XIX

> *Chegamos rapidamente aos desfiladeiros de Septèmes onde, numa das mais áridas regiões da árida Provença, se construíram diversas fábricas de óxido e de soda artificial. Os vapores que se libertam destes laboratórios escurecem e queimam tudo em redor; parece estar-se nos bordos de um vulcão. Interroguei o negociante sobre os resultados desta descoberta assinalável. "Bela pergunta", exclamou o porta-cruz, "queimar e destruir, eis o fim e os meios de todas as vossas inovações"; e partindo dali para fulminar um anátema burlesco contra qualquer melhoramento que remonta a menos de um meio século, ele revolta-se contra a soda artificial, a doença e sobretudo contra o ensino recíproco [...]. Ela abriu esta caixa de Pandora, de onde se irão escapar todos os flagelos; e como se não bastasse este local de corrupção, ameaçam-nos estabelecer outro em nome da cátedra química; mas os homens religiosos estão aí; repeliram esta proposta insidiosa, e recusaram o dinheiro que pediam para um uso tão perverso*.
>
> ÉTIENNE DE JOUY, L'ERMITE EN PROVINCE

Neste capítulo, pretende-se discutir que o episódio histórico da produção de soda, hoje conhecida como carbonato de sódio (Na_2CO_3), na Europa dos séculos XVIII e XIX, que envolveu a ascensão dos processos Leblanc e Solvay, apesar de tradicionalmente estar ligado à química, envolve contextos complexos e dialoga com conhecimentos de diversos outros campos, oferecendo a oportunidade de ser estudado em um contexto interdisciplinar de ensino escolar. A compreensão das reações químicas que envolvem tais processos não é suficiente para entender como as fábricas de soda surgiram e se consolidaram no continente. Elas contam com a influência de fatores científicos, ambientais, econômicos e sociais que foram determinantes para a procura e o estabelecimento de processos sintéticos para substituir a exploração da soda natural, disponível até então. Acreditamos que o episódio requer uma compreensão mais global e integrada para melhor entendimento dos processos científicos e tecnológicos na história, exigindo a construção de diálogos interdisciplinares na escola.

Ainda, acreditamos que estudar a formação das indústrias de soda no continente sob um viés científico, econômico, social e ambiental propicia um entendimento mais crítico do mundo natural e social, se aproximando da ideia de interdisciplinaridade crítica que almejamos.

Além das questões mais relacionadas aos objetos de conhecimento pertencentes às disciplinas escolares, pretendemos discutir que questões e reflexões sobre as ciências também podem emergir a partir do estudo histórico. A partir do episódio, procuramos discutir que os conhecimentos científicos e tecnológicos estão relacionados a práticas, instrumentos, métodos e contextos sociais, políticos e culturais, apropriados e negociados em circunstâncias locais e históricas. A produção das ciências é coletiva e socialmente construída.

Ao longo do desenvolvimento da narrativa e análise do episódio histórico, procuramos deixar claro em que momentos os critérios de análise 1, 2 e 3 elaborados na metodologia aparecem de forma mais contundente, mostrando os momentos em que enxergamos possibilidades de construção de diálogos interdisciplinares e outras potencialidades identificadas ao longo da análise. Além disso, discutimos os múltiplos domínios do conhecimento em que o episódio se insere, favorecendo uma abordagem interdisciplinar.

Para a construção da narrativa e análise do episódio, procuramos viajar entre as escalas, propiciando um entendimento das partes e do todo, procurando os detalhes e os contextos. Começaremos com a escala macro, sobre o que estava acontecendo no mundo, na Europa e na química do século XVIII. Depois, estudaremos a escala micro – o interior das fábricas – para depois voltar à escala macro, estudando as relações entre Ciências, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) no entorno das fábricas de soda pelo continente europeu.

Dessa forma, antes de adentrarmos o episódio, trataremos da escala macro, daquilo que estava acontecendo no século XVIII dentro do recorte da Europa Ocidental.

5.1 A EUROPA OCIDENTAL NO SÉCULO XVIII

A narrativa do episódio histórico da fabricação de soda está centrada, principalmente, na Europa Ocidental do final do século XVIII e início do século XIX, período em que as Revoluções Industrial e Francesa eclodiram e modificaram as relações sociais, políticas e econômicas no território europeu. O surgimento e a consolidação das indústrias de soda no continente se relacionam com esse contexto como veremos mais adiante. Faz-se necessário então, uma contextualização histórica do que estava ocorrendo na Europa Ocidental no período mencionado.

O mundo do século XVIII era, ao mesmo tempo, menor e maior que o nosso. Menor em termos populacionais, mas também em termos geográficos. A maior parte das pessoas só conheceria o pedaço de terra onde nasceu, já que a maior parte delas trabalhava na terra. O mundo conhecido, dos oceanos, ilhas, continentes, montanhas e rios era também menor. Se era menor em muitos aspectos, o mundo era maior nas distâncias, nas dificuldades e nas incertezas das comunicações e na circulação das coisas e das pessoas em relação aos dias de hoje (HOBSBAWM, 2012).

A Europa Ocidental era rural, de estrutura agrária e feudal e com uma economia principalmente regional. Com exceção de cidades grandes, como Paris e Londres, a maioria das cidades eram pequenas, com menos de 20 mil habitantes. A população urbana da Inglaterra só veio a ultrapassar a população rural em 1851. A economia era centrada no campo e bem diferente das atividades urbanas. As relações sociais no campo centravam-se na exploração de quem possuía a terra – os nobres, cavalheiros rurais e senhores feudais – sobre aqueles que a cultivavam – os camponeses e as pessoas escravizadas nas colônias europeias. No geral, as pessoas que trabalhavam na terra não eram livres e serviam a quem possuía a terra (HOBSBAWM, 2012).

Nos países da Europa Ocidental, o feudalismo organizava a forma política, apesar de estar cada vez mais obsoleto em termos econômicos e cada vez mais afastado de uma economia medieval. A despeito disso, somente poucas áreas levaram o desenvolvimento agrário mais adiante. Na Inglaterra, por exemplo, a agricultura se aproximava mais de uma estrutura capitalista, vendo uma classe de empresários agrícolas surgir – os fazendeiros e latifundiários – assim como proletários rurais remunerados, diferente do tradicional campesinato europeu (HOBSBAWM, 2011).

Porém, o século XVIII não foi um século de estagnação agrícola. Esse representou um longo período de expansão demográfica, com urbanização crescente e de aumento do comércio, das manufaturas e das atividades científicas e tecnológicas, principalmente na segunda metade do século, que encorajavam e requisitavam a melhoria nas práticas agrícolas e manufatureiras (HOBSBAWM, 2012).

Um bom exemplo é o caso do salitre. Ainda no século XVII, na Inglaterra, o insumo era necessário para a fertilização da agricultura e para a produção da pólvora, estando a última ligada ao poder militar do país nos séculos XVII e XVIII. Desenvolveu-se, então, ainda no século XVII, uma próspera indústria nacional de produção da matéria-prima e, quando começou a declinar em meados do século no contexto das importações da Índia, grande parte da infraestrutura e conhecimentos técnicos permaneceram (NIERMEIER-DOHONEY, 2021).

Além disso, o conhecimento alquímico da época (séculos XVI e XVII), como aquele influenciado por Paracelso, fornecia as bases para o entendimento da química mineral do período, demonstrando uma relação íntima entre conhecimento científico, técnico, tecnológico e industrial já no século XVI (permanecendo nos séculos XVII e XVIII) (NIERMEIER-DOHONEY, 2021).

A ciência do salitre obteve conhecimento de muitas fontes, incluindo mineiros, metalúrgicos, engenheiros militares, trabalhadores das nitreiras, agricultores, botânicos e alquimistas (NIERMEIER-DOHONEY, 2021). Apesar de estarmos falando do século XVII, isso mostra que as atividades industriais, manufatureiras, artesanais, científicas, técnicas, tecnológicas e comerciais estavam crescendo no período, não se limitando a atividades agrícolas.

As vias comerciais marítimas cresciam e circundavam a terra. O século XVIII foi um período marcado pelo comércio ultramarino, de colonização e escravidão, representando também um domínio político e militar do mundo pela Europa. Nesse sentido, na Inglaterra, as cidades portuárias se destacavam. O comércio de pessoas escravizadas e de produtos coloniais, como açúcar, tabaco, chá e algodão fazia essas cidades prosperarem. Os navios e o comércio ultramarino eram vitais para a Inglaterra e a Marinha era sua arma mais poderosa (HOBSBAWM, 2011).

As atividades comerciais e manufatureiras expandiam-se e os governos da Europa Ocidental estavam fomentando o crescimento econômico, especialmente o industrial. As ciências dedicavam-se também aos problemas produtivos sendo que os maiores avanços na década de 1780 foram na química, que tinha conexões com as práticas de laboratório e as necessidades da indústria (HOBSBAWM, 2012).

Embora a mineração e os processos de fabricação estivessem se expandindo muito rapidamente, ainda não se podia verificar o desenvolvimento de um capitalismo industrial. As manufaturas e minas faziam parte das paisagens inglesas, além dos portos. A máquina a vapor, em sua forma primitiva, já desempenhava suas funções. Porém, até a agricultura era uma atividade menos próspera que o comércio no país. As colônias impulsionavam o comércio de forma acentuada. Porém, entre o livre comércio e a proteção das manufaturas internas, o governo ainda preferia o protecionismo. As taxas para importação de tecidos, por exemplo, eram altas para proteger o mercado têxtil interno (HOBSBAWM, 2011).

As ideias iluministas contaminavam a Europa e seus adeptos procuravam cada vez mais se afastar das ideologias da igreja e do feudalismo. Apesar disso, com exceção da Inglaterra, as monarquias absolutistas reinavam fortemente (HOBSBAWM, 2012). Nesse país, os reis já estavam subordinados ao Parlamento, controlado por uma oligarquia de aristocratas, proprietários de terras. O país também gozava de excelente literatura, ciências e tecnologia (HOBSBAWM, 2011).

Já na França, palco do surgimento do processo Leblanc, no final do século XVIII, a estrutura social era aristocrática, sendo a terra a principal riqueza. Os donos das terras eram proprietários daqueles que necessitavam delas para trabalhar e viver. Nesse contexto, o renascimento do comércio e da indústria criou uma nova forma de riqueza e uma nova classe social, a burguesia, que desde o século XVI já ocupava lugar nos Estados Gerais sob o nome de Terceiro Estado. A nova classe social se beneficiava bastante da expansão e dos comércios marítimos (LEFÈBVRE, 2019).

Conforme a indústria e comércio assumiam lugar privilegiado na economia no final do século XVIII, era a burguesia que socorria o tesouro real francês em momentos difíceis. O papel social da nobreza decrescia cada vez mais e o clero perdia seu prestígio (LEFÉBVRE, 2019).

É nesse contexto de intensificação do comércio e das manufaturas, da ascensão da burguesia e das ideias iluministas e de uma sociedade agrária e feudal em crise que se criaram as precondições para a dupla revolução (Revolução Industrial e Revolução Francesa) como veremos a seguir.

5.2 O ILUMINISMO E A DUPLA REVOLUÇÃO

O século XVIII, além de ser marcado pela dupla revolução, foi marcado também pelas ideias iluministas. É comum associar o Iluminismo às ideias e a Revolução Francesa à prática, embora o Iluminismo foi também uma prática, pela qual ideias eram produzidas, difundidas, criticadas e modificadas e a Revolução Francesa tenha influenciado também o mundo das ideias e as teorias filosóficas (GRESPAN, 2003).

De fato, foi com a Revolução Francesa que se superou a concepção de que as pessoas seriam distintas por natureza pela concepção de que todos somos iguais. A partir daí, surge a exigência da cidadania e da participação geral das pessoas na tomada política de decisões sobre o destino coletivo. Essas ideias vinham sendo desenvolvidas pelo movimento filosófico conhecido como Iluminismo. (GRESPAN, 2003).

O Iluminismo como prática aparece de forma mais contundente a partir de um contexto revolucionário. No âmbito das revoluções na Inglaterra do século XVII consagra-se o pensamento crítico que já vinha sendo desenvolvido em relação ao absolutismo monárquico como forma de governo. Embora em formulações diferentes, a base do pensamento iluminista

do século XVIII estava na ideia de direitos naturais humanos, em que qualquer forma de governo que viesse a usurpá-los seria considerado um governo de tiranos e deveria ser destronado. Além da concepção política liberal, a tradição jurídica dos direitos naturais veio a se juntar à nova perspectiva empirista do conhecimento científico (GRESPAN, 2003).

Os limites do poder do Estado, a definição de soberania e de liberdade política e econômica foram objeto da reflexão de obras fundamentais iluministas durante o século XVIII. Associada a esse pensamento, difundiu-se uma atitude crítica aos tradicionais saberes religiosos e filosóficos. É sob essa perspectiva que se instala o debate na Assembleia Nacional Constituinte em 1789, produzindo a *Declaração dos Direitos do Homem e do Cidadão*, conferindo direitos naturais e políticos às pessoas (GRESPAN, 2003). É nesse contexto que a dupla revolução vai eclodir.

A certa altura da década de 1780, na Inglaterra, explodiu a criação de um sistema de fábricas mecanizadas que produziam em quantidades gigantescas a um custo rapidamente decrescente a ponto de não mais depender da demanda existente, mas de criar o seu próprio mercado (HOBSBAWM, 2012). Esse momento marca a passagem de uma sociedade pré-industrial para uma sociedade industrializada e é chamado de Revolução Industrial.

A revolução não caracteriza apenas um rápido desenvolvimento industrial e tecnológico, mas sim uma aceleração do crescimento econômico em virtude de uma transformação econômica e social em uma economia predominantemente capitalista, em que a busca pelo lucro privado levou à transformação tecnológica (HOBSBAWM, 2012).

Para entender a gênese da revolução, devemos rejeitar explicações que apostam em “acidentes históricos” ou em explicações que consideram apenas o clima, a geografia e fatores exógenos como fatores para as origens da Revolução Industrial. Houve na Inglaterra, no período mencionado, uma relação íntima entre a obtenção de lucro e a inovação tecnológica. A centelha para as origens da revolução está no crescimento dos mercados interno e externo, demandando, mas também criando oportunidades envolvendo bens de consumo e de capital. O mercado externo é marcado pela explosão da indústria algodoeira que, aliada à conquista do mercado ultramarino pela Inglaterra, vem a monopolizar os mercados externos de outros países, graças a guerras, colonização e escravidão. Um terceiro elemento para a “centelha” é um governo que subordina toda sua política externa ao crescimento econômico, financiando a guerra e a colonização, beneficiando comerciantes e manufatureiros (HOBSBAWM, 2011).

Como consequência, a industrialização inglesa é revolucionária não porque o algodão representava uma atividade fabril moderna, mas sim porque representava uma nova relação econômica entre as pessoas (industriais empregadores e trabalhadores assalariados), um novo sistema de produção, um novo ritmo de vida e uma nova sociedade – uma sociedade composta de fábricas mecanizadas e a dominação da economia pela procura incessante do lucro (HOBSBAWM, 2011).

Em relação à indústria química, os historiadores tendem a superestimar seu papel após 1870 (Segunda Revolução Industrial) e subestimar seu papel antes de 1870. Os conceitos de química e indústria mudaram bastante no período entre 1750 e 1850, assim como os conceitos de tecnologia, artes, ciências, filosofia e conhecimento. Dessa forma, é preciso um cuidado com o emprego dos termos e das relações entre química e indústria antes de 1850. Entretanto, é possível destacar o envolvimento da química em muitas atividades industriais durante a Revolução Industrial, como por exemplo, nas inovações dos processos de branqueamento na indústria têxtil, na produção de ácidos e na produção álcalis (HOMBURG, 2018).

No período de 1790 a 1850, a expressão indústria química foi se espalhando lentamente pela Europa. Originalmente, a expressão se referia à produção de ácido sulfúrico, soda e outras especialidades químicas como o sal amoníaco e sais de mercúrio. Ao longo do século XIX, outras indústrias, como a de fertilizantes, sabões e velas, tornaram-se ligadas à produção de soda e ácidos e como resultado, a indústria química passou a abranger um conjunto cada vez maior de processos (HOMBURG, 2018).

Le Roux (2016) aponta que a partir da década de 1770, a fabricação de produtos químicos mudou drasticamente não só os processos industriais, mas também a relação que as sociedades europeias tinham com o meio-ambiente, além de efeitos adversos na saúde dos trabalhadores. Esse fenômeno ambiental, como veremos mais à frente, foi ampliado no contexto da Revolução Francesa, que libertou a esfera produtiva francesa de restrições e incentivou melhorias técnicas.

Se a Revolução Industrial inglesa influenciou a economia do mundo do século XIX, a política e a ideologia mundial foram influenciadas pela Revolução Francesa. Essa revolução forneceu as bases da política e ideologia liberal para a maior parte do mundo a partir da burguesia francesa e das ideias de filósofos e economistas que difundiram o liberalismo clássico, propiciando a expansão do capitalismo no século XIX (GRESPAN, 2003; HOBSBAWM, 2012). A Revolução de 1789 significou, em linhas gerais, a queda da

monarquia e os adventos da liberdade e da igualdade, garantidas por um governo constitucional e pela lei (LEFÈBVRE, 2019).

Enquanto o Antigo Regime já se encontrava politicamente em crise pelo continente europeu no final do século XVIII, a França via uma nobreza exigindo cada vez mais privilégios em meio a uma crise socioeconômica sem precedentes e uma burguesia em ascensão cada vez mais articulada politicamente. As tentativas contrarrevolucionárias do rei, a coerção executada pela nobreza e pelo clero em meio a essa crise e a articulação política da burguesia levaram a um verdadeiro levante de massa, primeiro urbano e depois rural, que culminou com a queda da Bastilha. Três semanas depois, a estrutura social do feudalismo rural, a máquina estatal real e a aristocracia do Antigo Regime ruíam em pedaços (SOBOUL, 2003). Todos os privilégios feudais foram oficialmente retirados e, em 1793, o feudalismo foi abolido. A burguesia, amedrontada com o levante popular e suas possíveis implicações, começa a pensar que é hora do conservadorismo (LEFÈBVRE, 2019; HOBSBAWM, 2012).

Rápidas alternâncias de regime aconteceram durante a revolução e depois dela; muitas dessas tentativas para manter uma sociedade burguesa evitando o duplo perigo da república democrática jacobina e do Antigo Regime. A guerra revolucionária influenciou bastante as ciências e a indústria, assim como os resultados políticos e ideológicos da Revolução Francesa também as influenciaram (HOBSBAWM, 2012). Isso vale também para os resultados econômicos da Revolução Industrial.

A Revolução Francesa demandou dos cientistas seus conhecimentos, colocando-os à frente dos esforços de guerra e à frente da produção bélica. Os conhecimentos que revolucionaram certas atividades durante a Revolução Industrial, necessários às indústrias têxteis, de algodão, carvão, ferro, das ferrovias e da construção de navios mercantes também se relacionaram com as ciências e a técnica (HOBSBAWM, 2012).

Além disso, as ciências se beneficiaram bastante do estímulo dado à educação científica e técnica e à investigação durante o período pós-revolucionário. A Revolução Francesa transformou a educação técnica e científica da França, principalmente criando a Escola Politécnica em 1795 e o primeiro esboço da Escola Normal Superior em 1794. Também ajudou no renascimento da Academia Real em 1795 e criou, no Museu Nacional de História Natural em 1794, o primeiro centro de pesquisas fora das ciências físicas. Muitas revistas científicas foram criadas no período, como os Anais de Química e Física em 1797 (HOBSBAWM, 2012).

A Escola Politécnica teve influência por toda Europa, que passou a criar também suas escolas técnicas. Universidades também foram criadas com esse estímulo, como a de Berlim e a era pós-revolucionária fez crescer o número de cientistas e eruditos (HOBSBAWM, 2012).

Ainda, o aumento do comércio e o processo de exploração na época abriram novos horizontes do mundo ao estudo científico, estimulando o pensamento sobre ele. A química estava em pleno desenvolvimento e conectada à prática industrial, especialmente aos processos de tingimento e branqueamento da indústria têxtil. Ainda como estímulos da Revolução Industrial, os problemas teóricos da máquina a vapor influenciaram as duas leis da termodinâmica. A exploração dos recursos minerais fez com que os químicos se aventurassem mais no estudo do que hoje chamamos de compostos inorgânicos. Além disso, a mineração, a cerâmica, a metalurgia, as artes têxteis, as novas indústrias de iluminação a gás, assim como a agricultura estimularam seus trabalhos (HOBSBAWM, 2012).

Vale a pena, então, fazer uma contextualização histórica da química no século XVIII para entendermos em que contexto científico se deu o levante das fábricas de soda no continente Europeu.

5.3 A QUÍMICA NO SÉCULO XVIII

No fim do século XVII, a química era ensinada e difundida estando ligada à medicina e a práticas artesanais como a metalurgia e a perfumaria. Um século depois, no final do XVIII, a química é reconhecida como uma ciência autônoma, legítima, com bases teóricas sólidas e com aplicações úteis à sociedade (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996). Como foi que a química conquistou seu território? O que aconteceu durante o século XVIII?

A Química no século XVIII se relacionou e foi influenciada pelos trabalhos dos iluministas. Segundo suas tradições filosóficas, o conhecimento da natureza não se dava diretamente, mas através de sua reconstrução em laboratório, um lugar privilegiado destinado à experimentação e do encontro dos trabalhos manual e intelectual (MOCELLIN, 2015). A nova visão de mundo, marcada pela sobreposição das ciências à religião, buscava a razão ao lidar com os novos conhecimentos e suas formas de produção. As novas ideias levaram à busca por investigações empíricas na área das ciências da natureza, que encontraram um grande prestígio no continente (GANFOLFI; FIGUEIRÔA, 2014).

Dos espaços laboratoriais, estabeleceu-se uma cultura química que envolvia um coletivo de praticantes. Essa cultura era baseada em práticas, gestos, teorias, instrumentos, produtos, manuais e métodos de ensino, traduções, correspondências e formas simbólicas de representação (MOCELLIN, 2015).

O século XVIII viria a marcar a química como ciência moderna. Os químicos do período trataram de racionalizar a química por meio de investigações sistemáticas e experimentações, buscando a diferenciação das propriedades dos corpos, a elaboração de inventários e de classificação de reações, substâncias e processos (GANFOLFI; FIGUEIRÔA, 2014). Muito disso foi possível já que no século XVIII uma grande variedade de nomenclaturas químicas era encontrada nos escritos. O praticante da química do início do século XVIII normalmente fazia suas próprias preparações, obtendo misturas de interesse a partir da extração de matérias-primas. A nomenclatura variava então conforme o método, o processo de separação e o nome do inventor. Foi a partir desse século que inúmeros esforços de métodos de identificação laboratoriais substituíram os processos não-reprodutíveis de extração das matérias-primas para se nomear os compostos (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

A racionalização da nomenclatura química atingiu seu ápice com a nomenclatura moderna proposta por Louis-Bernard Guyton de Morveau (1737-1816), Antoine Lavoisier (1743-1794), Claude Berthollet (1748-1822) e Antoine François Fourcroy (1755-1809) em 1787 (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

Em um primeiro momento, por meio da experimentação sistemática, os químicos do século XVIII procuraram adequar sua ciência aos moldes do pensamento moderno do atomismo mecanicista newtoniano, buscando explicar a atração e repulsão entre as partículas em termos de forças do tipo newtonianas. Influenciada pelo empirismo, a química passa a desenvolver novos conhecimentos e resultados (GANDOLFI; FIGUEIRÔA, 2014).

A partir daí surge um importante questionamento para os químicos da época: explicar a química em termos de forças newtonianas ou procurar nos fenômenos químicos princípios e elementos (como o flogisto) que tornariam inteligíveis suas operações? Nesse sentido, a química Stahliana dominava a cena com seus elementos-princípios (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

Um dos principais programas de investigação estabelecido pela Academia de Ciências de Paris no século XVIII foi o do estudo dos *sais*, classificação que englobava não

só os sais que conhecemos hoje, mas também ácidos e bases. Nesse programa de investigação, os sais deixaram de ser considerados princípios, mas produtos de certas combinações. Henri Louis Duhamel du Monceau (1700-1782) isolou o álcali fixo e, a partir da combinação deste com o ácido marinho, demonstrou que o sal marinho obtido era idêntico daquele obtido nas salinas. Não havia diferença entre o natural e o artificial (MOCELLIN, 2015).

Ainda, a partir de 1776, a Academia de Ciências de Dijon, com Guyton de Morveau à frente, levou a termo um programa de investigação baseado no ensino, pesquisa, traduções e inovação técnica e industrial. A química praticada pelos cientistas desse programa estava baseada no conceito das afinidades químicas, que veio a substituir o conceito stahliano de mixto. Os corpos químicos passam a ser entendidos como o resultado de uma composição material e não portadores de alguma essência constitutiva (MOCELLIN, 2015).

Os químicos pneumáticos passam a ter bastante destaque nesse momento. No período, se dedicaram aos estudos dos ares, produzindo, isolando e analisando uma grande quantidade desses. Na mesma época, o problema da calcinação dos metais era bastante conhecido. Como poderia, em um processo de liberação do flogisto contido nos metais, aumentar-se a massa dos metais calcinados? Os químicos da época sugeriam que o flogisto era mais leve que o ar, mas Lavoisier e outros passaram a tentar outra explicação. Com auxílio da balança e pesagens minuciosas, Lavoisier passou a interpretar o aumento de massa durante a calcinação constatando que uma certa quantidade de ar se fixa durante a combustão dos metais. O problema era antigo e a interpretação dada por Lavoisier não foi a primeira (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

Nessa direção, Joseph Priestley (1733-1804), em 1774, descreve o ar liberado a partir da decomposição de cal vermelha de mercúrio – o *ar deflogisticado* – muito mais puro que o *ar comum*. Carl Wilhelm Scheele (1742-1786), também conclui, independentemente, que a atmosfera tinha um ar que alimenta a combustão, o *ar de fogo*, e um *ar viciado*, que impede a combustão. Mais tarde, Lavoisier deu nome ao *ar de fogo* ou *ar deflogisticado* de oxigênio (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

Segundo a experiência e interpretação de Lavoisier, publicada em 1777 – *Sur la combustion en général* – não havia qualquer matéria de fogo nos corpos combustíveis; ela não é mais do que uma das partes constituintes do ar. É o ar, e não o que se considerava como corpo combustível que se decompõe em qualquer combustão e o seu princípio ígneo liberta-se e produz os fenômenos da combustão, restando apenas o que Lavoisier chama de base do ar, substância que afirma que lhe é desconhecida. O flogisto sai de cena e entra o ar, sob a forma

do calórico. No lugar de uma desunião liberando flogisto, propõe uma união entre combustível e ar, liberando calórico (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

A experimentação e interpretação de Lavoisier só fazem sentido dentro do contexto teórico que ele desenvolveu: a formação dos fluidos aeriformes. O calórico, ou matéria do fogo, se insinua entre os fluidos aeriformes conferindo expansibilidade. Dessa forma, o ar perde sua condição de princípio e o calórico dá força à teoria. Nota-se que Lavoisier não suprime totalmente os princípios de sua base teórica, adotando uma concepção substancialista do calor (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

O oxigênio também passa a ser fundamental na teoria de Lavoisier. É ele que é entendido como formador dos ácidos e responsável pela combustão. Pode-se analisar, por exemplo, o caso da formação da água. Henry Cavendish (1731-1810) já havia demonstrado que o *ar inflamável* e o *ar deflogisticado* formavam água. Lavoisier, dispondo de nova aparelhagem demonstrou publicamente várias vezes em 1783 a experiência, mostrando que a natureza da água é composta por diferentes corpos (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

Lavoisier passa a definir elemento de forma parecida com que Robert Boyle (1627-1691) definiu, mas como novidade, substitui a noção de elemento-princípio da teoria do flogisto. Guyton de Morveau, que estava encarregado do novo dicionário de química e então encarregado da nova nomenclatura, se junta a Lavoisier, Fourcroy e Berthollet para tal empreendimento. Publicam em 1787 o *Méthode de nomenclature chimique* (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

Uma verdadeira campanha de persuasão das novas ideias liderada por Lavoisier e seus contemporâneos se inicia: correspondências, jantares, tradução de livros e criação do *Annales de Chimie,* como exemplos (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

Em seu *Traité élémentaire de Chimie*, de 1789, Lavoisier cria um curso para principiantes aprenderem química, indo do simples ao complexo, rompendo então com a história natural que organizava o conhecimento sob os reinos mineral, animal e vegetal. Para Lavoisier, a química, submetendo os diferentes corpos da natureza à experiência, teria como objetivo decompô-los e estudá-los de forma rigorosa (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

Apesar disso, ainda não era possível perceber uma uniformidade paradigmática entre os químicos franceses da escola antiflogisto. Isso pode ser percebido nas pesquisas sobre

as palestras de Berthollet durante a era revolucionária na *École normale*. Ele discordava de Lavoisier em vários aspectos, como na questão da natureza dos ácidos (BENSAUDE-VINCENT, 2018). Mas como a ciência química se relacionou com a indústria no fim do século XVIII na França?

Como uma ciência produtora de artefatos, a química, já no século XVIII, era inseparável da técnica, da tecnologia e da indústria, envolvendo cientistas, estadistas, artesãos e industriais. A partir dos laboratórios dos químicos se consolida uma tradição de investigação sobre os diferentes materiais, naturais ou artificiais (MOCELLIN, 2015). Vejamos exemplos.

Em 1774, no contexto da Academia de Dijon, Guyton de Morveau demandou das autoridades da província a criação de um curso de química, público e gratuito, destinado às pessoas empregarem adequadamente os conhecimentos químicos em atividades como a agricultura, a metalurgia, o setor tintureiro e de diversos produtos manufatureiros. É importante lembrar que nesse contexto, o programa da Academia se baseava numa teoria de vanguarda para a época, o conceito de afinidades químicas em um sentido newtoniano. Todas as transformações químicas podiam ser explicadas pela ação das afinidades entre os corpos químicos (MOCELLIN, 2015).

No mesmo contexto, um novo tipo de relação entre o estado e a política científica começou a surgir. Iniciou-se uma nova forma de intervenção do estado tanto na pesquisa científica quanto no seu uso social e sua aplicação que se generalizou durante e após a Revolução Francesa. Mobilizando o conceito de afinidades químicas, o desenvolvimento de novas técnicas experimentais, o poder público e os químicos franceses, o problema do aumento da produção e da qualidade da pólvora para canhão tomou atenção da Academia de Dijon. Em 1775, o poder público, com a ajuda de Lavoisier, organizou a criação de uma Administração da Pólvora e do Salitre (MOCELLIN, 2015).

No início de 1780, Guyton de Morveau também recebeu uma autorização para instalar uma fábrica de vidros próxima a Dijon. Como veremos, nas manufaturas de vidro era necessário empregar um material deficitário na França: a soda. O país dependia da importação de soda natural produzida na Espanha, o que tornava a economia vulnerável, já que, como veremos, a soda era necessária para o funcionamento de diversas outras produções. É nesse contexto teórico, experimental, técnico, tecnológico e industrial que o estado francês propôs a condução de experiências industriais para produzir a soda artificialmente de forma viável no país (MOCELLIN, 2015). Veremos com mais detalhes como se deu esse processo.

É então nos diálogos entre uma teoria de vanguarda (afinidades químicas), experimentação (criação de novos métodos e instrumentos) e interesse público (estado, indústria, pesquisa, ensino etc.), que se consolidaram no final do século XVIII os contextos químicos necessários para o aparecimento das indústrias de soda (MOCELLIN, 2015).

Gillispie (1957b) argumenta sobre duas fases simultâneas através das quais as ciências e a indústria se relacionaram no século XVIII: primeiro, a exploração do resultado das ciências por inventores, artesãos e industriais, e segundo, a aplicação consciente das ciências em problemas industriais. No primeiro exemplo, temos as fábricas de soda, em que Nicolas Leblanc (1742-1806) e seus precursores exploraram a vantagem de reações químicas já conhecidas pela ciência química a partir da teoria das afinidades.

Na segunda fase, a literatura da fabricação de produtos químicos faz referência à orientação oferecida pela teoria química para aqueles que a conheciam. Ainda, há ampla evidência confirmando que uma nova geração de cientistas-empreendedores e empresários instruídos assumiram o controle da indústria química durante o período revolucionário e que a Revolução culminou com o fim da hostilidade entre cientistas e artesãos (GILLISPIE, 1957b).

Estudados os contextos mais globais – em escala macro – é hora de entrar no episódio histórico propriamente, caminhando em direção à escala micro. A partir do próximo tópico, começaremos a elencar os trechos do episódio histórico selecionados a partir das fontes secundárias. Cada trecho será contextualizado e analisado segundo os critérios de análise que elaboramos na metodologia ou de outras potencialidades que possam emergir durante o estudo de cada trecho.

Dessa forma, compreenderemos ao longo do texto como a fabricação de soda artificial se estabeleceu na Europa Ocidental. Mas, primeiro, trataremos da exploração natural da soda.

5.4 FONTES NATURAIS DE OBTENÇÃO DE SODA

Antes da expansão das fábricas de soda na Europa, durante boa parte do século XVIII, a soda e a potassa eram obtidas a partir das cinzas de certas plantas e algas marinhas. Tais álcalis eram considerados importantes e necessários para a manutenção das fábricas de papel, sabão, vidro e têxtil. Tanto a soda como a potassa eram tratadas indistintamente até o século XVIII, quando Duhamel du Monceau e Andreas Sigmund Margraff (1709-1782)

passaram a estabelecer suas características distintivas (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

No primeiro trecho selecionado de nossa pesquisa em fontes secundárias, Gillispie destaca os motivos pela procura de um método prático para conversão do sal marinho em soda:

Trecho 1

> Até a última parte do século XVIII, a potassa (carbonato de potássio) ou "álcali vegetal", era o mais importante dos dois álcalis fixos "naturais". Porém, era obtida a partir de cinzas de madeira, e seu fornecimento foi reduzido, portanto, pela expansão das indústrias metalúrgicas numa época em que a demanda aumentava com o crescimento dos comércios têxteis e das manufaturas de sabão e vidro. O álcali mineral (carbonato de sódio), por outro lado, assim chamado por sua ocorrência como um hidrato em eflorescências de leitos salinos no deserto egípcio, era obtido comercialmente a partir da incineração de certas plantas costeiras, que convertem o cloreto de sódio da água do mar em oxalato, tartarato ou outros sais orgânicos, que na incineração e lixiviação produzem a soda. A de melhor qualidade, conhecida como barrilheira, era produzida na Espanha, nas proximidades de Alicante. A inelasticidade desta oferta natural, combinada com óbvias considerações mercantilistas, foi o que estabeleceu o incentivo para atender a demanda crescente por um método prático de conversão do sal da água do mar diretamente em soda comercial (GILLISPIE, 1957a, p. 154, tradução nossa).

No segundo trecho selecionado, Bensaude-Vincent e Stengers trazem contextos parecidos:

Trecho 2

> No século XVIII produzia-se a soda, necessária para o funcionamento das indústrias de sabões, vidreiras, de papel e tintureiras, queimando matérias vegetais, sargaço, salicórnia e, sobretudo, barrilheira de Espanha, cujas cinzas continham cerca de 20% a 33% de carbonato de sódio. A França era largamente dependente do estrangeiro pois importava dois terços das matérias-primas necessárias para o fabrico dos álcalis (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996, p. 228).

Por fim, Hudson também menciona o contexto da Revolução Industrial:

Trecho 3

> As fontes tradicionais de álcalis eram as cinzas da madeira, que eram extraídas com água para produzir potassa (carbonato de potássio). No período da Revolução Industrial, as florestas da Europa foram seriamente esvaziadas e, embora a potassa fosse importada do Novo Mundo, a demanda ainda superava a oferta. Outras fontes de abastecimento de álcalis eram as cinzas obtidas pela queima de uma planta (*Salsola soda*) que crescia na Espanha. As cinzas, conhecidas como barilla, forneciam soda (carbonato de sódio). Houve clara necessidade de um método de produção de álcalis sintéticos e, como a Revolução Industrial começou a ganhar força, houve uma série de tentativas de conceber um método comercialmente viável de produzir álcalis a partir do sal comum (HUDSON, 1992, p. 247, tradução nossa).

Nos trechos destacados, os historiadores procuraram discutir os motivos pelos quais, na Europa Ocidental (principalmente na França), iniciou-se uma procura por um método economicamente viável de produção industrial de soda. Antes de discutir esses contextos, notamos nos trechos uma menção às formas naturais de se obter a soda na época: a partir da queima de certas plantas. Além disso, menciona-se também a formação de depósitos naturais de soda.

Vejamos um exemplo. Berthollet era próximo de Napoleão Bonaparte (1769-1821) e foi um dos cientistas que recebeu a tarefa de acompanhá-lo em sua campanha no Egito com as atribuições de encontrar matérias-primas para a produção da cerveja e da pólvora:

> **Trecho 4**
>
> Os lagos de *Natron* eram margeados por uma espessa crosta de trona (um mineral formado por carbonato de sódio decahidratado). O objetivo dessa visita foi prospectar a possibilidade de explorar as jazidas de soda, produto de importância econômica no refino do nitrato para a produção da pólvora. Além disso, a observação da eflorescência de soda foi um ponto significativo na construção de Berthollet de seu sistema de afinidades químicas (SZTEJNBERG, 2020, p. 141, tradução nossa).

A discussão sobre a formação dos depósitos naturais e da extração da soda nesses locais pode resultar em uma boa oportunidade para a introdução do ensino das geociências a partir do episódio histórico, permitindo um diálogo interdisciplinar baseado no critério 1 – *permitir maior diálogo, integração e menor isolamento entre os conhecimentos de diferentes disciplinas escolares estabelecendo uma interface, permitindo conhecer os diferentes domínios e os aspectos macro e micro de fenômenos naturais e sociais, possibilitando um entendimento mais crítico e global do mundo*. Eflorescências ou crostas de soda se originam durante períodos de clima quente quando ocorre a evaporação total ou parcial de lagos salgados sem escoamento, ou da evaporação da umidade do solo que ascende à superfície por forças capilares.

Atualmente, se compreende que a soda é formada em lagos salinos pela reação do cloreto de sódio com o carbonato de cálcio. Primeiramente, devido à presença de sulfatos, o sulfato de sódio é reduzido a sulfeto de sódio, sob a influência de substâncias orgânicas. O sulfeto é então transformado em carbonato devido à ação do gás carbônico dissolvido na água. O resultado é a formação da trona ($Na_2CO_3 \cdot 2NaHCO_3 \cdot 2H_2O$), um mineral de evaporito, rocha sedimentar formada pela cristalização e precipitação de sais dissolvidos em meio aquoso (WISNIAK, 2003).

O ensino da geologia é normalmente invisível nos currículos brasileiros. Aparece vinculado à disciplina de geografia e não conta com professores com formação específica. Apesar disso, suas discussões são de extrema importância para que os estudantes desenvolvam um olhar crítico sobre os mecanismos que governam a dinâmica terrestre e a ação antrópica sobre a Terra.

Como vimos, esse episódio pode oferecer uma pequena contribuição para a discussão sobre a formação de rochas sedimentares e a importância dos evaporitos como recursos minerais. O potencial econômico desses minerais é enorme. A gipsita, a halita, os sais de potássio e magnésio, os carbonatos e sulfatos de sódio, como a trona, são exemplos de minerais de evaporito. São normalmente usados em aplicações na agricultura, na indústria química, na fabricação de materiais de construção e na conservação de alimentos. Ainda, a questão da exploração de recursos naturais e da terra pode ser problematizada (SILVA; SCHREIBER; SANTOS, 2000; ERNESTO et al., 2018).

Já a extração da soda a partir de plantas e algas marinhas constitui uma boa oportunidade para o estudo da botânica e da biogeografia, mais uma vez satisfazendo o critério 1, permitindo maior diálogo entre as disciplinas escolares e seus conteúdos. Compreendemos atualmente que plantas que crescem na terra tendem a absorver potássio do solo, o que leva suas cinzas a conter potassa. Plantas que crescem perto do mar, em salinas, lagos salgados, restingas ou solos impregnados com água do mar, contêm grandes quantidades de sais solúveis de magnésio e sódio, levando suas cinzas a conter soda. A alta salinidade do solo é ruim para o crescimento da maioria dos vegetais, abrigando espécies altamente especializadas. Aqueles que sobrevivem nessas circunstâncias tiveram que desenvolver várias características fisiológicas. Exemplos são o desenvolvimento de glândulas foliares nas folhas dessas plantas capazes de secretar os sais e o desenvolvimento de sistemas para acumular água para evitar a diminuição da pressão osmótica causada pela alta concentração de sais (WISNIAK, 2003).

Plantas resistentes à alta salinidade pertencem principalmente aos gêneros *Salsola*, de onde deriva a soda das barrilheiras de Alicante, Cartagena, Málaga e Ilhas Canárias (plantas de folhas espinhosas); *Salicornia*, de onde deriva a soda de Narbona e Aigues-Mortes (plantas de folhas verdes em forma de escamas que crescem em salinas costeiras); *Sargassum*, gêneros de algas marinhas presentes em regiões tropicais e subtropicais; *Atiplex* e *Statice*, de onde também deriva a soda de Aigues-Mortes; *Chenopodium e Focus*, de onde deriva a soda de *Varek* (*sea wreck*, algas que chegam à costa pelas marés), preparada na Normandia e

Bretanha, e *Kelp*, algas marinhas cuja extração de soda era preparada na costa Oeste da Inglaterra, Escócia e Irlanda. Há ainda uma categoria da *Soda de Araxe*, usada extensivamente na Rússia e Armênia (WISNIAK, 2003).

Figura 18 – *Sargassum*, fotografado na costa de Wimereux, norte da França, 16 de julho de 2016

Fonte: LAMIOT, 2016 – CC BY-SA 3.0 – disponível no repositório digital da Wikimedia Commons

Figura 19 – *Salicornia europaea*, perto de Southampton, sul da Inglaterra, 2006

Fonte: SCHMIDT, M., 2006 – CC BY-SA 3.0 – disponível no repositório digital da Wikimedia Commons

Figura 20 – *Salsola soda*, 27 de setembro de 2018

Fonte: STEFAN.LEFNAER, 2018 – CC BY-SA 3.0 – disponível no repositório digital da Wikimedia Commons

O estudo dos vegetais assume grande importância na educação básica. Esses estão presentes em várias atividades humanas, como na alimentação, no uso medicinal, no vestuário, no paisagismo, na produção de biodiesel, entre outras. Também adentram discussões ambientais e éticas, já que o crescimento populacional, a poluição, a exploração pouco racional dessas matérias-primas, o uso de organismos transgênicos, a exploração agrícola e a perda da biodiversidade envolvem diretamente o estudo das plantas e algas marinhas dentro dessas duas dimensões importantes (URSI et al., 2018).

Em um primeiro momento, acreditamos que o episódio abre espaço para discussões de características evolutivas do desenvolvimento dos vegetais tratados, de suas características fisiológicas e problematizações acerca da exploração desenfreada de algas e plantas costeiras. Além disso, abre espaço para a discussão da distribuição desses vegetais no espaço, correlacionando com os demais aspectos ambientais e humanos, assuntos caros à biogeografia. Ainda, questões econômicas e sociais poderiam ser abordadas em conjunto, caso fossem aprofundadas questões relativas à circulação das plantas ricas em soda no século XVIII pela Europa, o que exigira uma pesquisa histórica com outro recorte.

Uma fragilidade observada na utilização desse episódio é que as plantas e algas marinhas estudadas estão longe da realidade brasileira, desfavorecendo seu uso no ensino em nosso contexto. Uma alternativa seria explorar os trabalhos, a partir da parceria entre historiadores das ciências, pesquisadores do Ensino de Ciências e professores de ciências, do

frei brasileiro José Mariano da Conceição Veloso (1742-1811), que publica em 1798, o trabalho intitulado *Alographia dos Alkalis fixos, Vegetal ou Potassa, Mineral ou Soda e dos seus Nitratos, segundo as melhores memorias estrangeiras, que se tem escripto a este assumpto: debaixo dos auspicios e de ordem de Sua Alteza Real Principe do Brazil Nosso Senhor*.

Esse se constitui em um manual para a produção dos álcalis através das plantas no Brasil colonial, extremamente necessários no país para as manufaturas de vidro e sabão, branqueamento de tecidos, papel e açúcar e preparo de medicamentos e tinturas. Veloso tratou de inúmeros temas científicos, um exemplo da ciência sofisticada praticada por um brasileiro no século XVIII, desafiando o mito de que não se fazia ciências no Brasil colônia. Além da técnica de preparo dos álcalis, Veloso apresenta a classificação taxonômica das plantas brasileiras que poderiam ser usadas nessa produção (LUNA, 2008). Trataremos desse contexto com mais detalhes posteriormente.

Apesar de todas as críticas que se possa fazer à Base Nacional Comum Curricular (BNCC), pensamos em identificar também de que forma nosso estudo dialoga com o documento, considerando-o uma política nacional relevante. A ideia é verificar se os diálogos interdisciplinares aqui propostos também poderiam mobilizar diferentes competências e habilidades do documento, pensando na possibilidade de – sem deixar de fomentar uma visão crítica sobre ciências e interdisciplinaridade – mostrar que é possível trabalhar com o documento sem deixar convicções políticas de lado.

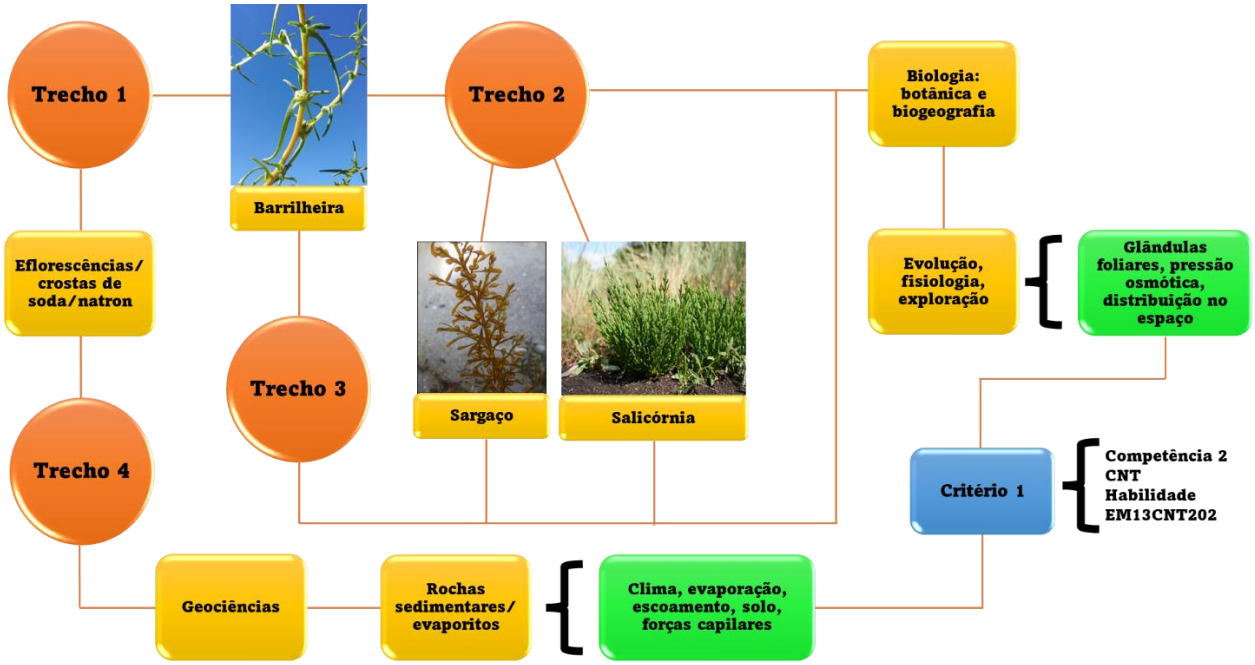
Identificamos então, a partir das discussões sobre os minerais e os vegetais, fontes naturais de soda, a possibilidade do trabalho parcial com a Competência Específica 2 da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT) e, em especial, a habilidade EM13CNT202 se for aprofundada questões da fisiologia vegetal e da biogeografia.

> **COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 2 CNT**
>
> Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis (BRASIL, 2018, p. 556).

> **Habilidade EM13CNT202**
>
> Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros) (BRASIL, 2018, p. 557).

O diálogo com a geologia e a biologia nos mostra que, se aprofundado em contexto de ensino, as discussões sobre a obtenção da soda a partir das fontes naturais podem favorecer diálogos interdisciplinares, já que satisfazem o critério 1 que estabelecemos. A Figura 21 resume e sistematiza como os trechos, conteúdos, conceitos, disciplinas, critérios e competências e habilidades dialogam entre si.

Figura 21 – Fontes naturais: diálogos com as ciências biológicas e as geociências



Fonte: elabora própria

Ao avançarmos no estudo do episódio, veremos que os acontecimentos que motivaram a ascensão dos processos de produção da soda artificial não ocorreram apenas através das dimensões científicas. O desenvolvimento tecnológico e as razões políticas e socioeconômicas foram também determinantes para essa ascensão.

5.5 PRECONDIÇÕES PARA O APARECIMENTO E ESTABELECIMENTO DAS FÁBRICAS DE SODA

No trecho 5, Hudson procura sintetizar o motivo do estabelecimento da indústria química no continente Europeu:

> **Trecho 5**
>
> No entanto, foi a Revolução Industrial, iniciada por volta de 1760, que resultou no estabelecimento de uma indústria química de pleno direito. O estabelecimento de um grande número de fábricas têxteis criou uma demanda por uma série de produtos

> químicos usados no processamento de fibra em tecido acabado. Esses incluem álcalis, ácidos, agentes de branqueamento, cáusticos e corantes (HUDSON, 1992, p. 247, tradução nossa).

Apesar do trecho 5 focar apenas na Revolução Industrial, já foram vistos durante este capítulo outros fatores importantes de serem compreendidos como precondições para o aparecimento e estabelecimento das fábricas de soda no continente. Como vimos, durante o século XVIII e antes da Revolução Industrial, já se verificava um aumento das atividades manufatureiras e do comércio na Europa Ocidental, além da expansão demográfica, com aumento da população urbana. Além disso, os governos pré-revolucionários já estavam fomentando o crescimento econômico, principalmente o industrial. Ainda, as ideias iluministas contaminavam a Europa e a burguesia surgia como uma classe social relevante.

Também vimos que químicos do século XVIII, principalmente na França, buscavam explicar a união dos corpos químicos na formação de substâncias pela teoria das afinidades químicas, avançando na produção de substâncias artificiais em laboratório, verificando que não havia diferença entre o natural e o artificial. Indo além, relações mais próximas entre estado e a política científica já eram fortes no século XVIII, como visto nos casos da pólvora e do salitre. Essa relação se intensificou bastante no período da Revolução Francesa e depois dela. Os laboratórios químicos também protagonizaram o século XVIII com a criação de novos métodos e instrumentos.

Por fim, os trechos 1, 2 e 3 nos evidenciam outros fatores para o aparecimento das fábricas de soda, como o crescimento do comércio têxtil e das manufaturas de sabão e vidro demandando soda, a dependência que a França tinha no estrangeiro e a dificuldade de se obter soda em larga escala pela via natural.

Essa é uma limitação de se trabalhar com fontes secundárias em pesquisas históricas para o Ensino de Ciências. Notamos no trecho 5 uma simplificação da história, podendo levar a interpretações empobrecidas das ciências e poucas conexões interdisciplinares.

Cristine Lehman, ao estudar os trabalhos de Pierre-Joseph Macquer (1718–1784) durante o século XVIII na França, evidencia as relações entre estado, ciências, indústria e a política externa francesa, destacada no trecho 6:

> **Trecho 6**
>
> Entre 1700 e 1791, o *Conseil du Commerce*, chamado *Bureau du Commerce* a partir de 1722, foi a instituição real responsável pelo comércio e indústria. Essa nomeou

> "comissários" para inspecionar e avaliar as invenções e melhorias técnicas que chamavam sua atenção. Os muitos relatórios de Macquer no *Bureau du Commerce* demonstram a variedade de aplicações que envolviam a química e o esforço do estado para promover a química industrial e a independência nacional (LEHMAN, 2014, p. 250, tradução nossa).

Macquer foi um médico, professor de química, acadêmico e especialista de governo. No século XVIII, havia uma variedade de atores que exerciam a química numa época em que a profissão de químico ainda não existia. Apenas médicos e boticários recebiam uma formação formal teórica e prática da química, mas ela já era uma ciência pública e sua prática não era restrita aos iniciados. As muitas publicações disponíveis em enciclopédias, dicionários e tratados, em particular os de Macquer, tornaram a química acessível a médicos, boticários, filósofos, nobres e artesãos, o que indica que a química habitou múltiplos problemas sociais, institucionais e espaços intelectuais na França durante a segunda metade do século XVIII (LEHMAN, 2014).

As relações entre o governo real francês e a indústria francesa datam de muito antes e são características importantes da história dos séculos XVII e XVIII no país. Como exemplo, podemos citar o novo regulamento de 26 de janeiro de 1699 que nomeou a *Académie des sciences*, fundada em 1666, para avaliar todos os novos maquinários industriais e analisar as condições necessárias para se conceder privilégios. Atividades químicas do final do século XVIII, ainda se encontravam em um estágio proto-industrial, mais próximo do artesanal. Porém, a fabricação de vidro, porcelana, as fábricas siderúrgicas ou sulfúricas, as produções de ácidos e soda, utilizavam fornalhas potentes e eram organizadas em oficinas lidando com operações complexas (LEHMAN, 2018).

Portanto, o século XVIII não foi um período de estagnação industrial e é possível verificar o interesse do estado real francês pela política industrial química e a conquista de uma independência estratégica em relação aos produtos estrangeiros. Antes da Revolução Francesa, a França importava grandes quantidades de cristal e vidro de sílex, aço, sal amoníaco, soda e chumbo branco (LEHMAN, 2014). Já era de interesse do governo real conquistar a independência econômica em relação a esses produtos.

Além dos ricos contextos que permearam o século XVIII, podemos destacar também a influência da dupla revolução no estabelecimento das fábricas de soda no continente Europeu. Vimos que durante e após a Revolução Industrial, o aumento da demanda por produtos manufaturados explodiu, além de um rápido desenvolvimento industrial e

tecnológico. Já a Revolução Francesa, estimulou bastante a educação científica e técnica, incentivando a produção industrial.

Percebemos então, uma possibilidade de diálogo com as disciplinas escolares que formam a área das Ciências Humanas e Sociais. Esse diálogo pode ser importante para os estudantes questionarem e compreenderem melhor os contextos sociais, econômicos e culturais passados e contemporâneos que envolvem os processos científicos e tecnológicos. Ainda, o diálogo assume papel importante para dar contexto sociocultural às disciplinas escolares de ciências e às linguagens matemáticas de que fazem uso (BRASIL, 2006).

As Revoluções Industrial e Francesa modificaram profundamente as estruturas econômicas, urbanas e sociais, as relações homem-natureza, a organização do tempo, o mundo do trabalho, as relações entre o campo e a cidade, a circulação de mercadorias, povos e culturas, o surgimento e alterações provocadas pelas novas tecnologias, a distribuição de renda, os transportes, os meios de comunicação e as fontes de energia, estimulando profundamente uma revolução técnico-científica que propiciou, entre outras questões, avanços na indústria química (BRASIL, 2000b; 2006; 2018).

Lembramos, ainda, que a Revolução Industrial e a Revolução Francesa, temas comumente reservados à disciplina escolar história, são frequentes nos documentos curriculares brasileiros e aparecem explicitamente na BNCC (BRASIL, 2018). Identificamos, dessa forma, que o aprofundamento desses objetos de conhecimentos pertencentes à história, poderia ajudar a mobilizar parcialmente a Competência Específica 1 da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas (CHS) do Ensino Médio e a habilidade EM13CHS103 da BNCC.

> **COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 1 CHS**
>
> Analisar processos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais nos âmbitos local, regional, nacional e mundial em diferentes tempos, a partir da pluralidade de procedimentos epistemológicos, científicos e tecnológicos, de modo a compreender e posicionar-se criticamente em relação a eles, considerando diferentes pontos de vista e tomando decisões baseadas em argumentos e fontes de natureza científica (BRASIL, 2018, p. 571).

> **Habilidade EM13CHS103**
>
> Elaborar hipóteses, selecionar evidências e compor argumentos relativos a processos políticos, econômicos, sociais, ambientais, culturais e epistemológicos, com base na sistematização de dados e informações de diversas naturezas (expressões artísticas, textos filosóficos e sociológicos, documentos históricos e geográficos, gráficos, mapas, tabelas, tradições orais, entre outros) (BRASIL, 2018, p. 572).

Ainda, o estudo das atividades industriais, seus impactos sociais, suas relações com a natureza, com o mundo do trabalho e seus impactos no desenvolvimento tecnológico, além do estudo dos processos de industrialização e urbanização e suas consequentes transformações socioeconômicas, a ascensão do capitalismo e do liberalismo econômico são temas frequentes também nos currículos da geografia e da sociologia escolar (BRASIL, 2000b; 2006; 2018). Segundo as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006), a física térmica, associada à termodinâmica, poderia ser estudada a partir das máquinas térmicas e seus aspectos econômicos e sociais no contexto da Revolução Industrial. O próprio conceito de energia, normalmente associado ao currículo da física escolar, está intimamente conectado a este período histórico a partir da invenção das máquinas industriais.

Defendemos, então, que a compreensão dos contextos do surgimento da indústria de soda e suas consequências é potencialmente um objeto de estudo interdisciplinar entre as Ciências da Natureza e as Ciências Humanas e Sociais. Isso significa que o episódio permite satisfazer o critério 1 de construção dos diálogos que estabelecemos em nossa metodologia.

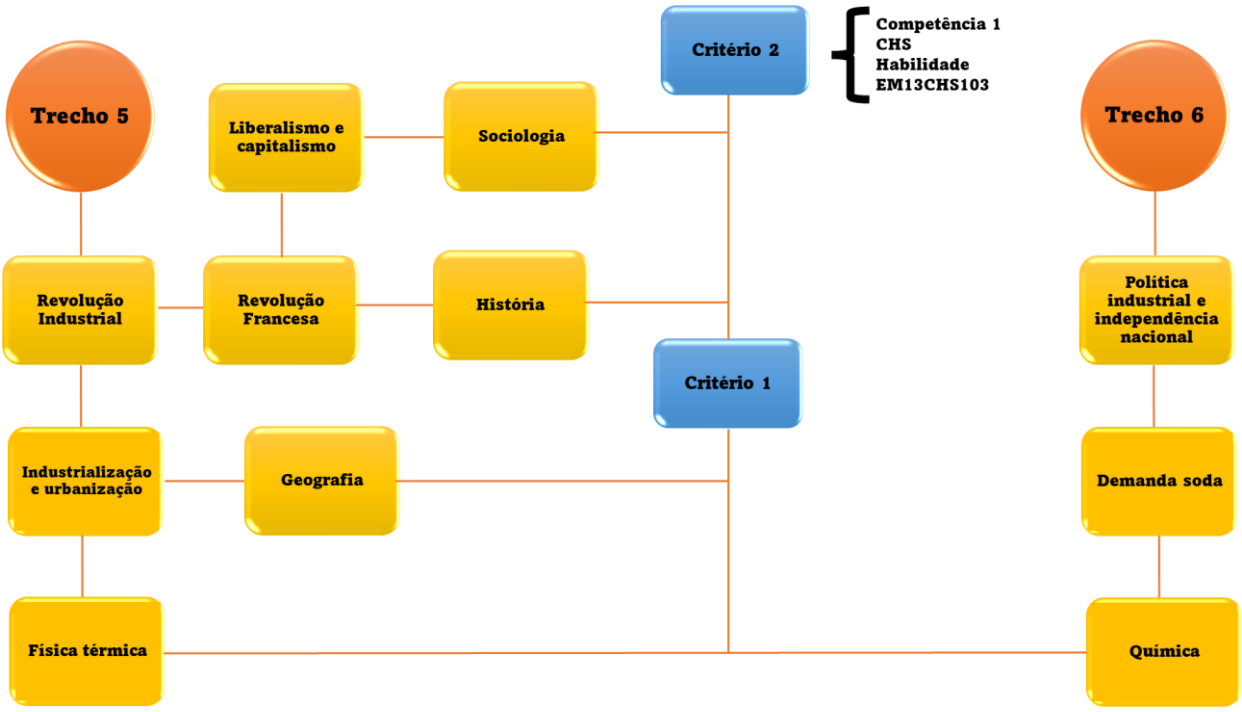
Destacamos ainda que o conhecimento do contexto histórico desse tema, satisfazendo o critério 2 – *permitir relacionar os conhecimentos científicos com seus diversos contextos de produção, como o histórico, social, político, cultural, econômico e processos decisórios envolvidos* – é importante para que os estudantes observem as diversidades e semelhanças entre seu contexto social e histórico com contextos passados.

Concordamos com Cachapuz, Praia e Jorge (2004) que a análise das ciências e da tecnologia em seus contextos históricos e sociais permite a estudantes e docentes construir uma visão mais ampla e integrada dos conhecimentos científicos, como defendido neste trabalho. A análise dos processos científicos e tecnológicos e de suas relações com a sociedade e a história vai ao encontro da almejada formação de cidadãos e cidadãs críticos e conscientes de seu papel na sociedade.

Dessa forma, consideramos que os diálogos com as Ciências Humanas e Sociais nos permite satisfazer dois critérios (1 e 2) estabelecidos em nossa análise: permitir maior diálogo entre diferentes disciplinas escolares (história, geografia, sociologia, física e química) e diálogos entre as diversas atividades humanas (científica, tecnológica, política, econômica etc.), permitindo conhecer conhecimentos de diferentes disciplinas escolares (Revolução Industrial, termodinâmica, processos de urbanização etc.), possibilitando menor isolamento entre elas; e permitir relacionar os conhecimentos científicos e tecnológicos com seus

diversos contextos de produção, como o histórico, social, político e cultural. A Figura 22 procura resumir e relacionar os contextos do episódio com as humanidades.

Figura 22 – Contextos: diálogos com as Ciências Humanas e Sociais



Fonte: elaboração própria

Dadas as precondições necessárias para o surgimento das fábricas de soda no continente europeu, vamos agora estudar como se deu o surgimento do processo Leblanc.

5.6 O PROCESSO LEBLANC

Em 1781, a Academia Real das Ciências da França, oferecendo 2400 libras francesas, lança um concurso:

> **Trecho 7**
>
> encontrar o processo mais simples e mais econômico para decompor em grande escala os sais do mar, extrair o álcali que lhe serve de base, no estado puro, libertado de qualquer combinação ácida ou outra, sem que o valor desse álcali mineral exceda o preço daqueles que se obtém das melhores fontes estrangeiras (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996, p. 229).

Vários ensaios foram realizados nas fábricas da Inglaterra e da França, além de experiências em escala de laboratório. O concurso é vencido por Nicolas Leblanc, em 1789 (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996), ano em que se iniciam as convulsões da

Revolução Francesa enquanto ainda era cirurgião da comitiva científica do Duque de Orléans. Leblanc, o Duque, Michel-Jean-Jérôme Dizé (1764-1852) e Henri Shée (1739-1820) montam uma fábrica em Saint-Denis, que tinha fácil acesso aos carregamentos de calcário de Meudon (GILLISPIE, 1957a).

> **Trecho 8**
>
> A competição foi vencida em 1790 por Nicholas Leblanc (1742-1806). Seu processo envolveu uma primeira etapa em que sal era tratado com ácido sulfúrico para produzir sulfato de sódio e cloreto de hidrogênio. O sulfato de sódio era então torrado com calcário e carvão para produzir *cinza negra*, que consistia principalmente em carbonato de sódio e sulfeto de cálcio. O carbonato de sódio era extraído da cinza negra com água e cristalizado (HUDSON, 1992, p. 247, tradução nossa).

> **Trecho 9**
>
> [...] esta patente descreve como fazer a reacção do sal marinho com ácido sulfúrico num grande recipiente de chumbo cuja cobertura é perfurada com um tubo que permite a libertação de ácido clorídrico; de seguida, descreve como misturar o sulfato de sódio assim obtido com carvão e calcário e aquecê-los num forno refractário para produzir soda bruta. A originalidade do processo Leblanc em relação aos outros processos que utilizam também o sulfato de sódio e o transformam de seguida em carbonato utilizando carvão é a adição de calcário [...] (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996, p. 229).

Em termos modernos, as reações químicas do processo Leblanc podem ser expressas da seguinte forma:

$$2\ NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2\ HCl$$

$$Na_2SO_4 + CaCO_3 + 2\ C = Na_2CO_3 + CaS + 2\ CO_2$$

A discussão que pode ser feita é que para a compreensão adequada da ascensão do processo Leblanc, este não basta ser apenas representado por suas equações químicas. Vimos que os contextos anteriores são igualmente importantes para a discussão adequada do próprio processo. A complexidade do episódio só pode ser compreendida em contexto escolar, pensando nos pressupostos da interdisciplinaridade crítica e da historiografia das ciências discutida neste texto, através do diálogo entre os conhecimentos científicos e seus diversos contextos (do critério 2). No contexto de ensino, acreditamos ser necessária a mobilização de várias disciplinas escolares (do critério 1) para seu entendimento. Notamos também que o conhecimento não aparece fragmentado como nos currículos escolares tradicionais e as ciências são apresentadas como históricas e socialmente construídas (do critério 3 – *permitir conhecer o caráter histórico, humano, social, cultural, coletivo e discursivo da atividade científica*).

Mesmo com clara marcação disciplinar, já que estamos tratando da fabricação da soda, objeto de conhecimento conectado à química, podemos observar como um episódio histórico das ciências se insere dentro de um contexto com potencial interdisciplinar para o ensino. Retomamos os contextos buscando tecer diálogos entre a parte “mais química” do processo e outros conhecimentos. Vimos que os contextos históricos, como as Revoluções Francesa e Industrial e seus desdobramentos, as questões do iluminismo, os princípios do liberalismo econômico, os impactos na produção e circulação de produtos e suas consequências históricas, objetos de conhecimento conectados à história, permeiam o episódio histórico e poderiam ser aprofundados em um contexto de ensino.

Conceitos de importação, de recurso estratégico, de inelasticidade, do processo de urbanização e crescimento demográfico e suas consequências na Europa do século XVIII, do desmatamento, objetos de conhecimento das outras Ciências Humanas e Sociais, também interferem em nosso estudo e poderiam ser explorados (os diálogos entre todos esses conceitos satisfazem os critérios 1 e 2). Então, adicionamos a essa discussão a oportunidade de se trabalhar parcialmente com a Competência Específica 3 das CHS e a habilidade EM13CHS302.

> **COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 3 CHS**
>
> Analisar e avaliar criticamente as relações de diferentes grupos, povos e sociedades com a natureza (produção, distribuição e consumo) e seus impactos econômicos e socioambientais, com vistas à proposição de alternativas que respeitem e promovam a consciência, a ética socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional, nacional e global (BRASIL, 2018, p. 574).

> **Habilidade EM13CHS302**
>
> Analisar e avaliar criticamente os impactos econômicos e socioambientais de cadeias produtivas ligadas à exploração de recursos naturais e às atividades agropecuárias em diferentes ambientes e escalas de análise, considerando o modo de vida das populações locais – entre elas as indígenas, quilombolas e demais comunidades tradicionais –, suas práticas agroextrativistas e o compromisso com a sustentabilidade (BRASIL, 2018, p. 575).

Inevitavelmente, passamos também pelo estudo de uma transformação química e processos de separação, caracterização e purificação de substâncias químicas no contexto de um processo produtivo. Destacamos então, a oportunidade de se explorar o desenvolvimento parcial da Competência Específica 1 das CNT e a habilidade EM13CNT101.

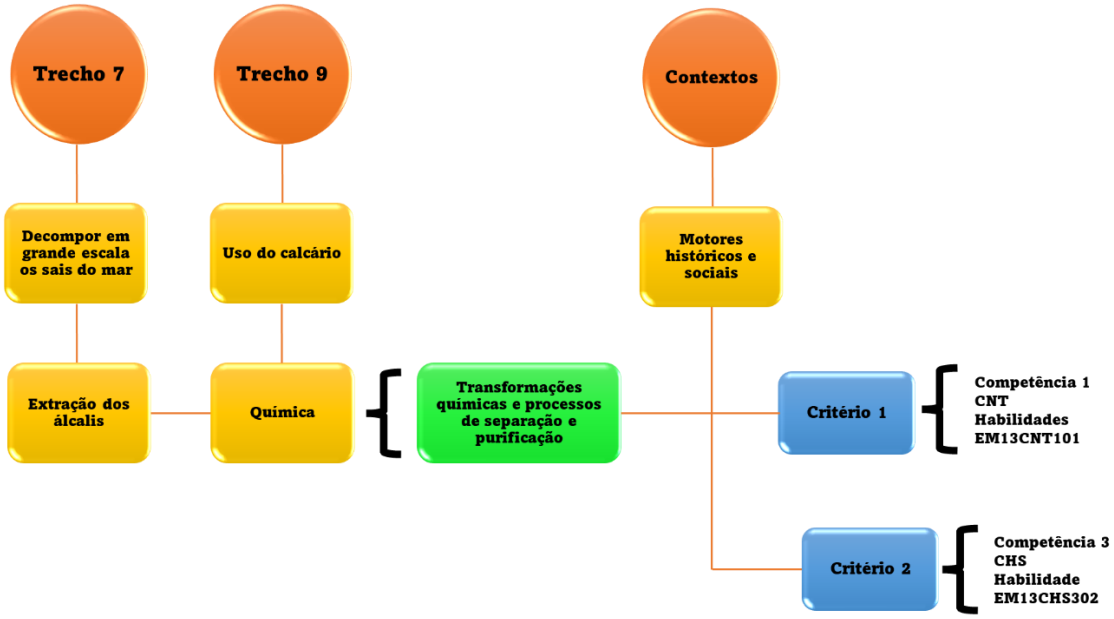
> **COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 1**
>
> Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e

melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global (BRASIL, 2018, p. 554).

Habilidade EM13CNT101

Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas (BRASIL, 2018, p. 555).

Figura 23 – O processo Leblanc: contextos químicos, históricos e sociais



Fonte: elaboração própria

Porém, como comentado, o processo Leblanc não foi o primeiro a ser proposto. Leblanc se insere em um contexto coletivo das ciências e da tecnologia. Veremos agora como se deram esses contextos.

5.7 O PAPEL COLETIVO, HUMANO E SOCIAL DA ATIVIDADE CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

Este tópico foi construído na perspectiva de identificar como o episódio histórico cumpre os requisitos estabelecidos para satisfazer o critério 3. Nesse sentido, cabe mencionar que o processo Leblanc não foi o primeiro a ser proposto. Antes da invenção de Leblanc, dezenas de processos feitos em laboratório convertendo o sal do mar em soda já eram

conhecidos. Pelo menos sete foram testados em larga escala, e a soda vinha sendo produzida em pelo menos cinco estabelecimentos. O problema é que naquele momento, a produção era cara e a soda artificial não conseguia competir com a soda obtida naturalmente da barrilheira que a França importava da Espanha (GILLISPIE, 1957a).

Esse é um interessante momento para se desmistificar visões equivocadas sobre as ciências imbricadas no imaginário social (do critério 3). A visão equivocada que pode ser explorada nesse caso é aquela que transmite uma visão individualista das ciências. Essa visão concebe o cientista como um gênio isolado, ignorando o papel da comunidade científica, do trabalho coletivo e cooperativo e dos intercâmbios entre as equipes. Nesta visão, acredita-se que apenas o trabalho de um cientista é suficiente para se construir o conhecimento sobre as ciências e a tecnologia (GIL-PÉREZ et al., 2001).

O episódio pode, então, contribuir para mostrar que o conhecimento é o resultado de um longo processo de investigação e de prática, não bastando poucas experiências, que é influenciado por fatores sociais, fruto de uma construção humana e do trabalho de várias pessoas. Enfim, as ciências são atividades coletivas (OLESKO, 2015).

> **Trecho 10**
>
> O método Leblanc também não foi o primeiro. "La fabrication de la soude avec le sel marin n'est pas un secret aujourd'hui", escreveu Tolozan, intendente do *Bureau du Commerce*, em 1790, mais de um ano antes de Leblanc receber sua patente. Na França, o processo mais antigo praticável foi desenvolvido por um abade beneditino, Père Malherbe, que em 1777 conseguiu converter o sal de Glauber (sulfato de sódio) – obtido pela prática comum da ação do ácido sulfúrico sobre sal marinho – em soda pelo uso de carvão e sucata de ferro (GILLISPIE, 1957a, p. 154, tradução nossa).

A associação de Malherbe com um colaborador acaba não prosperando em larga escala, apesar do processo ter sido usado em fábricas de vidro e de forma mais relevante em Javel, em uma manufatura que produzia ácido marinho para as indústrias de branqueamento, onde usava-se o sal de Glauber residual para produzir a soda a partir do processo Malherbe (GILLISPIE, 1957a).

Como vimos, Macquer foi um dos comissários do *Bureau du Commerce*. Em 1766, sucedeu a Jean Hellot (1685-1766), após sua morte, como comissário encarregado dos processos de tingimento. Ele passou a supervisionar produções químicas não apenas de corantes, mas também de outros produtos químicos manufaturados. Lehman estudou como foi a relação do *Bureau* com os precursores de Leblanc:

Trecho 11

> Ao lidar com produtos químicos, os inventores tinham que revelar seus segredos realizando experimentos, muitas vezes, no laboratório particular de Macquer, que participava integralmente das operações. Para ilustrar isso, pode-se tomar o exemplo da soda artificial. Dom Malherbe, o primeiro inventor de um processo industrial de produção de soda a partir de sal marinho, afirmou que realizou seu processo na presença de Jean-Charles-Philibert Trudaine de Montigny (1733–1777) e Macquer em seus respectivos laboratórios. Foi o mesmo para o colaborador de Malherbe, Jacques-Ignace Hollenweger, para o processo proposto por ele em 1783. Produzir soda artificial tinha grande importância econômica, pois a França gastava mais de dois milhões de libras importando de Alicante a indispensável soda para a fabricação de vidro, fabricação de sabão, tingimento, lavagem e assim por diante (LEHMAN, 2014, p. 252, tradução nossa).

O processo Malherbe, além de enfrentar dificuldades técnicas, ignorava a tabela de afinidades químicas, o que o levou a não obter seu privilégio exclusivo junto ao *Bureau* de início. Macquer também analisou os pedidos de Guyton de Morveau e Hollenweger, dando a eles autorização para abrirem suas fábricas de soda, já que eram originais em relação ao processo Malherbe e se localizavam a mais de 10 léguas de seu empreendimento. Macquer avaliou os processos e se certificou que eram bem geridos, além de considerar a competição entre várias fábricas boa e necessária para a produção de soda no país (LEHMAN, 2014).

Em mais um trecho, Lehman mostra aspectos econômicos dos empreendimentos:

Trecho 12

> No entanto, bons princípios e boa gestão não eram suficientes; um material barato também era necessário. É por isso que as fábricas estavam todas localizadas na Bretanha, onde o sal era barato. A boa vontade da *Ferme générale* também foi necessária para proporcionar a livre circulação de mercadorias (LEHMAN, 2014, p. 252, tradução nossa).

Jean-Antoine Chaptal (1756-1832), na década de 1780, explorou em Montpellier a reação do sal marinho com litargírio:

Trecho 13

> Um dos maiores produtores de soda artificial foi Chaptal, que em sua fábrica em Montpellier explorou a reação de sal e litargírio (óxido de chumbo). O método era a própria simplicidade, mas por causa do custo do litargírio, também era caro (GILLISPIE, 1957a, p. 155, tradução nossa).

Os subprodutos do litargírio eram usados como pigmentos amarelos e brancos na Inglaterra, que já contava com uma indústria têxtil forte. O processo de Chaptal passa a ser interessante pela produção de pigmentos, e a soda passa a ser considerada um subproduto. Guyton de Morveau também propõe um processo em que converte o sal marinho à soda

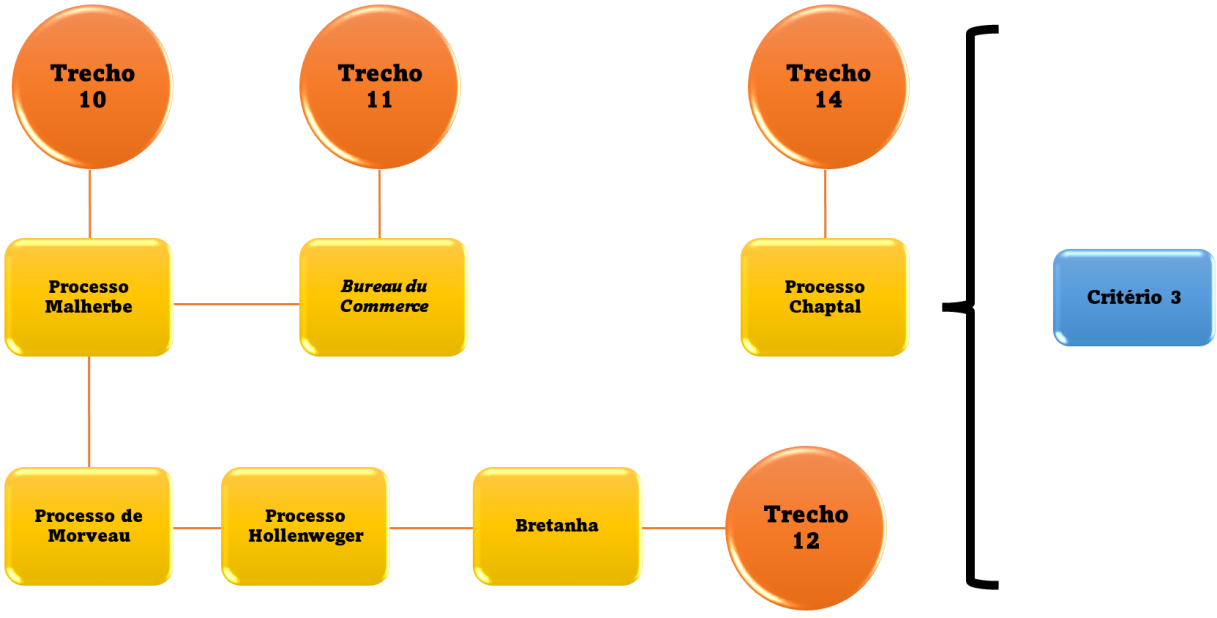
usando cal viva, em um processo parecido com o que ocorre naturalmente no resíduo seco de certos lagos ou nascentes salinas (GILLISPIE, 1957a).

Sob incentivos do *Bureau du Commerce*, outros processos foram propostos e privilégios eram concedidos. Na prática, nenhum desses foi bem-sucedido para além daqueles que produziam soda como um subproduto. Os custos operacionais eram muito altos, inapropriados para produções em larga escala, difíceis de operar, tinham rendimento baixo, geravam resíduos de difícil disposição e o produto final era de baixa qualidade (GILLISPIE, 1957a).

> **Trecho 14**
>
> O que não é apreciado, entretanto, é que por uma geração a descoberta de Leblanc não mudou esta situação. Vinte anos depois, ninguém na França conseguiu explorar seu processo de forma lucrativa (GILLISPIE, 1957a, p. 158, tradução nossa).

Na análise deste tópico, não identificamos nenhuma competência e habilidade da BNCC que poderia ser mobilizada. Porém, consideramos que os entendimentos sobre as ciências aqui trazidos são essenciais para o contexto escolar e não constituem um objeto de conhecimento de uma disciplina específica.

Figura 24 – O papel coletivo, humano e social da atividade científica e tecnológica



Fonte: elaboração própria

Após considerações sobre o processo Leblanc e de seus antecessores, é necessário analisar como as fábricas de soda se estabeleceram e se expandiram na Europa. Porém, antes

vamos analisar aspectos historiográficos da biografia de Leblanc que poderiam ser explorados a partir do episódio.

5.8 CONTRADIÇÕES HISTORIOGRÁFICAS: GÊNIO SOLITÁRIO E VÍTIMA DA REVOLUÇÃO?

Uma contradição que pode ser percebida e explorada nesse episódio, são as diferenças e semelhanças dadas ao tratamento de Lavoisier e Leblanc pela historiografia tradicional. Contemporâneos, Lavoisier é comumente mencionado como um dos "fundadores" da química moderna, enquanto Leblanc, um dos "fundadores" da química industrial. Ambos tiveram destinos trágicos durante a tormenta revolucionária (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

A questão que pode ser explorada neste contexto é que Leblanc era um homem de seu tempo, inserido dentro de um contexto de interesses em que a produção da soda a partir do sal marinho já era largamente estudada. Assim como Lavoisier, deixou sua contribuição em meio a tantas outras e participou de um longo processo do estabelecimento das fábricas de soda. Acreditamos que esse é um interessante momento para, como foi feito no tópico anterior, desmistificar visões individualistas, de gênios precursores e de momentos fundadores na História das Ciências.

> **Trecho 15**
>
> Contudo, na saga dos químicos, o inventor coloca-se bem atrás dos sábios no pódio da glória. Enquanto os colaboradores de Lavoisier forjaram, após sua morte, a imagem do génio tornado mártir de um poder público cego, os colaboradores de Leblanc, em particular Jean-Jérôme Dizé, tentaram, pelo contrário, diminuí-lo procurando fazer valer os seus direitos. E a posteridade, longe de celebrar o génio do inventor, tem a tendência de minimizar os seus méritos sublinhando a importância das necessidades suscitadas pelas guerras revolucionária, o embargo... que interditavam as importações (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996, p. 230).

Dessa forma, duas lógicas contraditórias operam nessas historiografias: por um lado, o processo revolucionário se colocou contra os avanços da ciência, interrompendo a vida de uma mente "brilhante"; por outro, a revolução se coloca como o próprio motor de arranque de uma inovação técnica (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

Outro aspecto contraditório que pode ser explorado nesse episódio são as diferentes historiografias sobre as circunstâncias do suicídio de Leblanc em 1806. Auguste Anastasi (1820-1889), um parente próximo, relata um Leblanc solitário, vítima dos decretos

revolucionários que espoliaram sua “próspera” fábrica em Saint-Denis pelo Comitê da Saúde Pública que havia sido erguida graças ao suporte financeiro do Duque de Orléans. Como o governo decidiu tornar o processo Leblanc público para satisfazer às necessidades da guerra, sua fábrica teria sido considerada bem nacional, seus direitos de inventor retirados e seu patrocinador guilhotinado. Além disso, relata que Leblanc havia sido traído por seus colegas, arruinado pelos concorrentes, tendo suas reinvindicações e lamentações não ouvidas pelo poder público, empurrando-o, então, ao suicídio (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

Já os historiadores apresentam outros aspectos:

> **Trecho 16**
>
> Por um lado, a fábrica de Saint-Denis, rebaptizada Franciade, não foi brutalmente fechada através de um decreto, uma vez que a sua produção estava praticamente parada desde o Verão de 1793. Parece, de facto, que ela não chegou a atingir o estado de produção plena devido à falta de aprovisionamento de ácido sulfúrico, ou à falta de meios financeiros. Por outro lado, Leblanc parece ter sido melhor considerado pelos seus colegas do Comité da Saúde Pública que tentaram encontrar soluções gerindo da melhor forma os seus interesses e os da República. [...] O processo Leblanc só se tornou verdadeiramente competitivo, em relação à soda natural, graças a um certo número de medidas: abolição, em 1807, das taxas sobre o sal e manutenção das barreiras alfandegárias (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996, p. 231).

> **Trecho 17**
>
> Na verdade, porém, a produção total da fábrica, ao longo de toda a sua história, totalizou apenas 30.000 libras de soda. Temos o próprio testemunho de Leblanc de que a fábrica esteve envolvida em "essais en grands" até julho de 1793, quando a impossibilidade de obter ácido sulfúrico o obrigou a encerrá-la. Também não foi possível retomar as operações enquanto todos os estoques de enxofre e salitre permaneceram sob requisição de emergência para a indústria de munições. É preciso ressaltar que a paralisação nada teve a ver com desapropriação dos interesses do Duque de Órleans, agora Philippe Égalité. O duque foi julgado e decapitado em 6 de novembro. Mas a propriedade não foi colocada sob sequestro pelas autoridades locais até 28 de janeiro de 1794 (8 Pluviose), no próprio dia (por acaso) em que o Comitê da Saúde Pública adotou seu decreto sobre a soda e nomeou Darcet e seus colegas comissários para coletar e publicar todas as informações disponíveis. Naquela época, Leblanc há muito deixara a fábrica ociosa em Saint-Denis – agora Franciade – sob os cuidados de Shée e foi para Paris, onde assumiu um cargo na *Agence des poudres* e estava profundamente imerso em várias atividades políticas (GILLISPIE, 1957a, p. 161, tradução nossa).

Leblanc recebeu sua patente em 1791 e nunca foi privado dela, apenas foi lhe tirado o privilégio de mantê-la em segredo devido às guerras revolucionárias. Vimos também que o processo Leblanc não era o único a propor soluções para a produção da soda a partir do sal marinho e sua superioridade ainda não era vista por parte de seus contemporâneos, que consideravam o uso de ferro melhor que o calcário devido à sua maior afinidade pelo enxofre

(teoria das afinidades químicas). Sua soda com cheiro hepático também era censurada. Relatórios do Comitê, apesar disso, apontavam vários aspectos positivos do processo, sublinhando técnicas passíveis de serem utilizadas em circunstâncias locais, em partes, devido à proximidade do calcário de Meudon (GILLISPIE, 1957a; BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

Excertos do relatório do Comitê de junho de 1794 podem demonstrar como este tratou sobre o processo Leblanc:

> **Trecho 18**
>
> Uma fábrica foi instalada recentemente em Franciade, mas as circunstâncias da Revolução e da guerra que se seguiu limitaram seus fundos e as operações foram forçosamente suspensas; esta fábrica tem sido propriedade nacional desde os meses passados. Os cidadãos Leblanc, Dizé e Shée, parceiros, foram os primeiros a nos oferecer seu processo e o fizeram com nobre devoção ao bem-estar público. Nós inspecionamos seu estabelecimento – verificamos seus processos e acreditamos que certamente será bem-sucedido. Esses novos processos têm sido baseados em princípios corretos do início ao fim e foram configurados com a prudência e circunspecção que era de se esperar da inteligência e bom senso dos três parceiros. Seria difícil montar em um igualmente pequeno espaço mais equipamentos e conveniências do que têm nesta planta: fornos, moinhos, carrinhos, armazéns; tudo está organizado da melhor forma para que dê o mais eficiente serviço (OESPER, 1943, p. 11, tradução nossa).

Em outro momento, o relatório do Comitê parece também elogiar o processo Leblanc e apontar os motivos da fábrica não estar em funcionamento:

> **Trecho 19**
>
> Nós acreditamos que será fácil para o público e até mesmo para os lavadores de roupa, abandonarem sua prática anterior de comprar soda bruta. [...] Uma vez que o processo requer uma quantidade considerável de ácido sulfúrico, os parceiros planejaram inicialmente fabricar este ácido nas instalações. No entanto, devido à guerra, foi impossível obter enxofre ou mesmo salitre, que agora são requisitados para a defesa da República. Essas carências, junto com a falta de fundos, forçaram-lhes a suspender esta fábrica e a adiar a primeira fase de sua produção até que a paz restaure a livre aquisição dessas matérias-primas essenciais à sua realização. [...] Esses homens não estão entregando ao Comitê da Saúde Pública apenas um conjunto de ideias ou uma série de experimentos que podem ser testados; eles estão trazendo à tona um processo em grande escala, operado com uniforme sucesso (OESPER, 1943, p. 11, tradução nossa).

Em outro momento, aponta as vantagens da utilização do processo Leblanc:

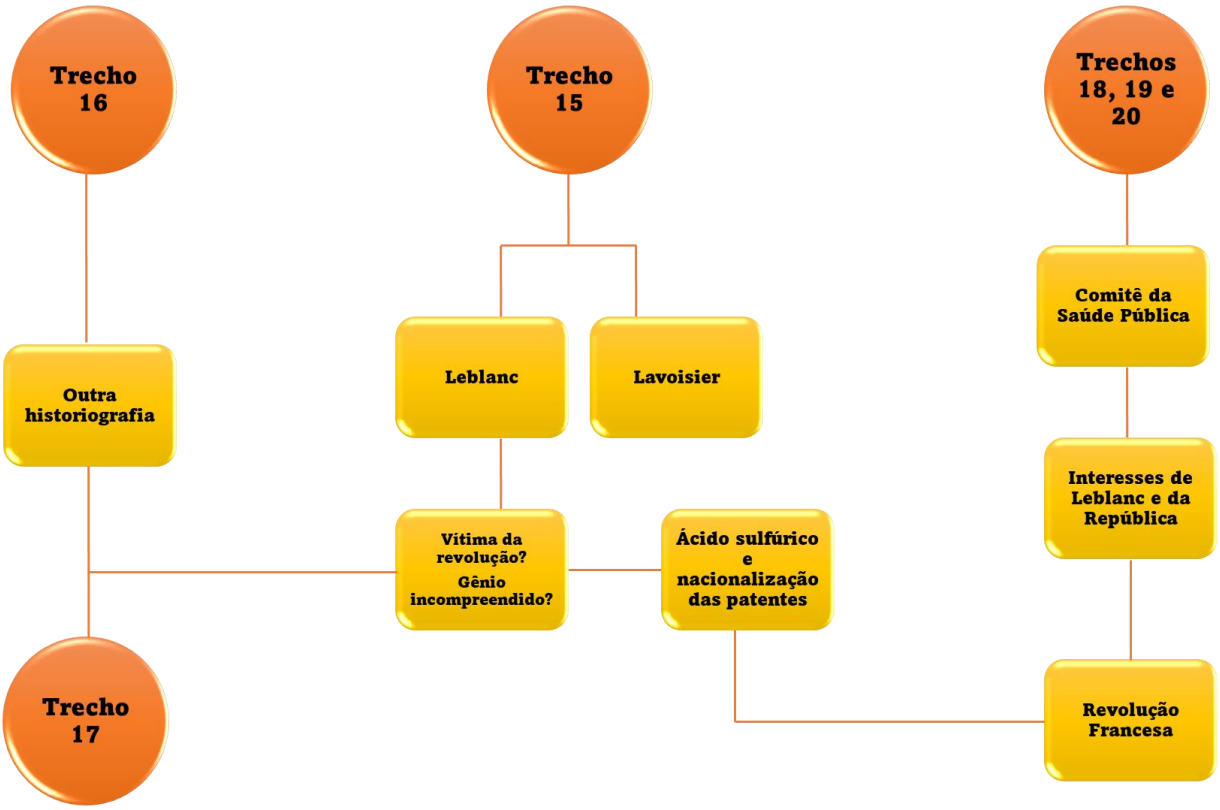
> **Trecho 20**
>
> O processo do cidadão Leblanc, que usa calcário como intermediário, parece-nos ser aquele que poderia ser mais geralmente adotado, porque essa matéria-prima é a mais amplamente distribuída. O processo tem a vantagem adicional de fornecer um produto que pode ser comercializado no estado bruto; o produto é bem parecido com o que vem de fora e que nos é familiar; este pode ser usado diretamente e sem

> purificação preliminar para a atividade de branqueamento, para o fabrico de vidro comum e para produzir sabão (OESPER, 1943, p. 12, tradução nossa).

A contribuição do episódio nesse caso é contextualizar como a história está sujeita a interpretações diferentes e como historiografias que tratam dos grandes gênios e dos grandes feitos passam uma imagem ingênua e simplificada da História das Ciências.

Após a anulação das taxas sobre o sal, o processo Leblanc passa a ser definitivamente competitivo. Depois de sua morte e das medidas econômicas terem sido implantadas, a produção da soda passa a ser expandida nas regiões de Paris, Rouen, Montpellier e Marselha (GILLISPIE, 1957a). É o momento de voltar nossas atenções à escala macro, estudando como as fábricas de soda se consolidaram na Europa e seus efeitos sociais.

Figura 25 – Contradições historiográficas



Fonte: elaboração própria

5.9 À VOLTA DAS FÁBRICAS DE SODA

As fábricas de soda Leblanc não se desenvolveram isoladas dos contextos sociais, políticos e econômicos da época. Também não se isolaram de outros processos industriais

nem do desenvolvimento científico e tecnológico dos séculos XVIII e XIX. Acreditamos que trabalhar com esses contextos pode permitir promover o critério 2 de nossa análise. Apesar disso, notamos que essa parte da narrativa se relaciona mais com as abordagens CTSA no Ensino de Ciências do que com a interdisciplinaridade. Apesar das relações CTSA não serem objetos de estudo desta tese, acreditamos que essa abordagem perpassa todo o episódio, enriquecendo nosso estudo.

O enfoque CTSA está entre as abordagens do Ensino de Ciências que buscam formar cidadãos e cidadãs com capacidade de questionamento e participação no processo democrático de forma crítica, questionando também o privilégio dado aos grupos dominantes quando o assunto é o desenvolvimento científico e tecnológico (OLIVEIRA; KIOURANIS, 2020). A ideia envolve estudar como se dão as relações entre o desenvolvimento científico e tecnológico inseridas em um determinado contexto social, sem deixar de lado a temática ambiental. Dessa forma, acreditamos que o enfoque CTSA se relaciona com a ideia de criticidade que estamos querendo promover através da interdisciplinaridade. Portanto, ambas as abordagens, vinculadas a uma História das Ciências numa vertente social e cultural, poderiam se enriquecer e favorecer um estudo que propiciaria uma formação para a cidadania dos estudantes e das estudantes.

Um exemplo das relações entre ciências e tecnologia a partir do episódio histórico: a eficácia do calcário no processo Leblanc não foi explicada por Leblanc e nem por seus sucessores. Somente no início do século XIX que as características constituintes do calcário e da soda passaram a ser conhecidas, mas o processo em si só foi bem compreendido no final desse século, quando se fecharam as últimas fábricas Leblanc (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

O que o episódio nos mostra é que a falta de compreensão teórica do processo Leblanc não limitou sua aplicação tecnológica. Aliás, como vimos, desenvolvimentos científicos, feitos em laboratório, impulsionaram a aplicação tecnológica da produção da soda artificial. Essa aplicação tecnológica provavelmente influenciou buscas para se compreender melhor como o processo ocorria. Dessa forma, ciências e tecnologia estão intimamente relacionadas e se influenciam mutuamente. Ao longo deste tópico, vamos discutir outros exemplos das complexas relações CTSA que o episódio pode propiciar se estudado em contexto de ensino.

Trecho 21

> Ao longe, o ar tinge-se com vapores avermelhados e poeiras, depois torna-se acre, nauseabundo, irritante. As casas da localidade, cada ano mais numerosas, fecham-se umas sobre as outras, como se quisessem voltar as costas à fábrica de soda. Mas como esquecer o enorme complexo industrial no fundo do vale, que aspira toda manhã um cortejo de pobres operários (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996, p. 227)?

Esse excerto contextualiza temas sociais e ambientais. Vemos a questão do crescimento demográfico europeu, característico dos séculos XVIII e XIX, a formação da indústria pesada, o tema ambiental e as relações e condições de trabalho característicos da época intimamente relacionados.

A integração da indústria de soda com outras fábricas, também mobilizou uma série de processos técnicos complexos, apesar da simplicidade dos produtos e materiais envolvidos. Cada material gerava uma necessidade de matérias-primas diferentes e um meio para encontrar um fim para subprodutos, implicando em uma complexa rede de indústrias levando à dependência e à expansão. O trabalho com esse episódio não se limita a pitadas de temas sociais, maquiando o ensino de conteúdos científicos. O episódio mostra, a todo momento, as ciências como atividades humanas e que são intimamente relacionadas à tecnologia e às questões sociais (SANTOS; MORTIMER, 2002; SANTOS, 2008).

Trecho 22

> Logo no princípio do século XIX, o primeiro cliente do empreendimento de Saint-Denis é a Manufactura de Vidros de Saint-Gobain que, em 1806, consumia três quartos da soda fabricada. Mas pouco a pouco, com base no ciclo de reações do processo Leblanc, vão-se implantar outras indústrias. Das quatro matérias-primas utilizadas, o sal marinho, o ácido sulfúrico, o carvão e o calcário, recupera-se o enxofre sob a forma de hidrogénio sulfurado que pode ser reutilizado para preparar ácido sulfúrico; e finalmente, obtém-se no fim da primeira fase um subproduto interessante, o ácido clorídrico. Este ciclo permitiu a integração e a mecanização das indústrias químicas. A montante da fábrica de soda de Leblanc instalou-se uma vitriolaria. E mais tarde, a jusante, para utilizar o ácido clorídrico que se liberta para a atmosfera, perigoso para os habitantes, para o gado e para as colheitas, montou-se uma fábrica de produtos de branqueamento, muito necessária à indústria têxtil (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996, p. 232-233).

Acreditamos que esse trecho pode ser utilizado para se estudar as relações CTSA na escola e o desenvolvimento industrial químico do século XIX.

A invenção da câmara de chumbo, em 1746 na Inglaterra, por John Roebuck (1718-1794) e Samuel Garbett (1717-1803), para a produção de ácido sulfúrico pode ser explorada como um outro exemplo de como as ciências e a tecnologia se inter-relacionam. A câmara era um recipiente de grande volume no qual se queimava enxofre com salitre, com

água ao fundo, onde condensava e se concentrava o ácido sulfúrico. A inovação técnica permitiu a produção em larga escala desse ácido por dois processos amplamente estudados da química do século XVIII: a combustão e a formação de gases (química pneumática). O ácido sulfúrico, após essas inovações científicas e tecnológicas, passa a ser conhecido por ser tão importante para a indústria química como a água e antes dessa invenção, permaneceu como um produto extremamente caro (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

Depois de muito tempo, essa reação seria mais bem compreendida teoricamente por Nicolas Clément (1779-1841) e Charles Desormes (1777-1862). Introduzindo o conceito de catálise, descreveram o papel do óxido de azoto, decomposto a partir do salitre, na oxidação do óxido de enxofre e que se regenera no processo (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996). Dessa forma, os conhecimentos científicos influenciaram o desenvolvimento de uma inovação tecnológica que então influenciou novos conhecimentos científicos.

Na indústria de branqueamento de tecidos o impulso para o desenvolvimento técnico parte primeiramente dos desenvolvimentos nos laboratórios químicos. Já era de conhecimento a oxidação do ácido marinho, devido aos esforços no século XVIII pela compreensão da química do oxigênio. Scheele, em 1774, ao estudar a ação do ácido marinho sobre o manganês, descreve a formação de um novo gás, o *ácido marinho deflogisticado* (atualmente descrito como o gás cloro). Incorporando as novas ideias de Lavoisier, Claude Berthollet (1748-1822) rebatiza o gás de ácido muriático oxigenado, publicando em 1786 um estudo sobre suas propriedades descorantes (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

O novo gás, porém, era perigoso ao se manipular e transportar, levando à procura de produtos menos nocivos. Antoine Baumé (1728-1804) propõe uma mistura de ácido marinho e álcool, enquanto Léonard Alban (1740-1803), em uma manufatura em Javel, próxima a Paris, propõe a mistura do gás muriático oxigenado com potassa cáustica, criando a água de Javel, um líquido esbranquiçado (hoje conhecida como água sanitária). Com o encarecimento deste produto, a investigação continua na Escócia e na Inglaterra, levando à invenção do pó esbranquiçado por Charles Macintosh (1766-1843) e patenteada pela empresa de Charles Tennant (1768-1838), um comerciante de Glasgow, em 1797. Esse produto passa a alimentar e fomentar o sucesso da indústria têxtil na Inglaterra, onde o pó esbranquiçado passa a aumentar consideravelmente a velocidade do branqueamento do algodão em relação ao processo natural. O processo dessa operação diminui de meses ao sol para horas com o produto químico (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

O próximo trecho contextualiza o papel química acadêmica na química industrial no período histórico mencionado:

> **Trecho 23**
>
> Um exemplo familiar na história econômica do papel da química durante a Primeira Revolução Industrial são as inovações no branqueamento em larga escala com a ajuda de lixívias alcalinas, cal e ácidos minerais introduzidos na Escócia e na Irlanda por químicos acadêmicos como Francis Home, Joseph Black e outros da década de 1750 em diante. Depois que Karl-Wilhelm Scheele descobriu o gás que agora chamamos de cloro em 1774, Claude-Louis Berthollet, então diretor dos *Gobelins dyeworks* e membro da *Académie des Sciences*, embarcou durante a década de 1780 em experimentos para usar cloro como agente de branqueamento. Essas experiências revelaram-se de grande utilidade prática. Em poucos anos, a nova prática foi introduzida em toda a Europa (HOMBURG, 2018, p. 570, tradução nossa).

Outros contextos dos desenvolvimentos na química acadêmica que beneficiaram a indústria, como o caso do chumbo branco, poderiam ser explorados. A formação desse pigmento era explicada pela teoria do flogisto, mas depois que recebeu contribuições do *ar fixo* de Joseph Black em 1756 (entre outras contribuições químicas), o processo industrial de obtenção do material foi mais bem desenvolvido (HOMBURG, 2018).

Na indústria de corantes, o papel acadêmico da química foi bem parecido. Porém, não podemos deixar de lado outras questões. Focando apenas na química acadêmica, pode-se esquecer que o conhecimento científico é apenas um entre muitos fatores que influenciam o sucesso e o fracasso dos empreendimentos. A tecnologia desempenha seu papel, assim como as redes comerciais, o fornecimento de matérias-primas, os mercados de trabalho locais, as patentes e leis tributárias, políticas governamentais e muitos outros fatores (HOMBURG, 2018). Estudar as relações entre ciências e tecnologia sob esse aspecto torna-se muito mais complexo, mas, ao mesmo tempo, muito mais rico e poderia ajudar os estudantes e as estudantes a desenvolverem uma visão mais global da sociedade.

O caso do açúcar também é interessante e pode ser explorado. No começo do século XVII, Olivier de Serres (1539-1619) havia detectado a presença de açúcar na beterraba. Na Alemanha, trabalhos intensivos entre 1777 e 1796 levaram à abertura de fábricas de obtenção do açúcar da beterraba, fazendo com que outras fábricas fossem abertas no país. Na França, Napoleão passa a encorajar a abertura de fábricas de açúcar em uma integração entre o poder público, os empresários e os químicos, como Chaptal e Anselme Payen (1795-1871). É no norte da França que essas fábricas vão prosperar, mesmo em competição com o açúcar da cana-de-açúcar importado, criando uma complexa integração que desenvolve o setor agrícola e a rede industrial (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

É nesse cenário que podemos observar claramente a associação entre o poder público, o setor privado e as ciências, criando um complexo industrial diversificado. Charles Frédéric Kuhlmann (1803-1881), abre, em 1825, uma fábrica em Lille para a produção de ácido sulfúrico utilizando as câmaras de chumbo. A partir de então, integra-se uma fábrica Leblanc para vender soda aos industriais têxteis de Lille e região, além de ácido muriático para os produtores de esterco. Devido ao crescimento das indústrias de açúcar e do cultivo da beterraba, Kuhlmann aproveita para integrar uma nova fábrica produtora de insumos para adubos. Com a abertura ferroviária para a Bélgica, Kuhlmann expande seu mercado, o que proporciona a realização de inovações técnicas em todos os setores, principalmente nas fábricas de açúcar, o que vai garantindo a prosperidade das fábricas na França (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

A articulação entre os cientistas, os donos das indústrias e os efeitos da política do Imperador nesse período histórico podem ser aprofundadas com mais exemplos. O aumento e a diversificação dos produtos químicos que o processo Leblanc ajudou a alavancar, provocaram o interesse dos industriais, donos dos meios de produção, pelo conhecimento dos cientistas, para cada vez mais aperfeiçoar os sistemas de produção (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996). Esses também influenciavam e foram influenciados pelos interesses do poder público como podemos ver no próximo trecho:

> **Trecho 24**
>
> Assim, por exemplo, a companhia Saint-Gobain, criada no século XVII, recorre a Gay-Lussac. Começando como censor, encarregado de visitar os estabelecimentos e de vigiar a produção, Gay-Lussac sugere uma inovação no fabrico de ácido sulfúrico, que executa com o director da fábrica de Chauny, durante quase 10 anos: uma torre para recuperar os gases nitrosos que se escapam da câmara de chumbo e a sua reutilização para a oxidação do dióxido de enxofre para obter ácido sulfúrico (BENSAUDE-VINCENT, 1996, p. 236).

O processo passa a ser conhecido como *torre de Gay-Lussac*, o que eleva a posição desse no conselho da empresa, que passa a ser seu presidente em 1844. Nesses casos, os cientistas, mesmo ocupando posições de prestígio na empresa, deveriam ceder todos os direitos sobre as patentes aos empresários, que lucravam e mantinham monopólios na França e negociavam suas patentes com a Inglaterra (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

Essa aliança foi além da esfera de intervenção nos processos industriais. Gozando de prestígio junto ao poder público, os empresários e cientistas passaram a interferir em decisões políticas. Gay-Lussac e o barão de Dupin, por exemplo, passam a exigir a abolição das taxas sobre o sal marinho para a fabricação de soda. Tal aliança interfere também nas

condições de trabalho nas fábricas. A Sociedade Industrial de Mulhouse, que havia reduzido a jornada de trabalho infantil, pede ao poder público a generalização dessa medida para combater a concorrência.

> **Trecho 25**
>
> Gay-Lussac considera, em primeiro lugar, que o trabalho não é a única causa da má saúde dos operários – a insalubridade parece-lhe mais nociva – e, em segundo lugar, que esta lei ofende a generosidade e a humanidade dos empresários e termina dizendo que o "fabricante é no Estado um verdadeiro pai de família", a quem se deve a honra e proteção. Após longos debates, a lei votada em 1841 proibiu apenas o trabalho nocturno para as crianças com menos de 13 anos (BENSAUDE-VINCENT, 1996, p. 237).

A rede de indústrias integradas, de processos solidários, de interesses conjugados entre cientistas, industriais e poder público constituem o motor de arranque para a França desenvolver sua indústria química no início do século XIX. Porém, a concorrência com a Inglaterra, a falta de dinheiro e a dificuldade de transporte para os mercados no Norte e no Leste, levam ao fim as fábricas de soda no sul da França, fazendo da Inglaterra a maior produtora de soda Leblanc após a metade do século XIX (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

Como o Comitê da Saúde Pública havia tornado público em extensos relatórios o processo Leblanc, esse foi instalado por William Losh (1770-1861), na Inglaterra, em 1814 em pequena escala. A abolição dos impostos sobre o sal marinho nesse país em 1823, permitiu que James Muspratt (1793-1886), em Liverpool, explorasse o processo em larga escala e de forma rentável. Com o tempo, a Inglaterra se tornou a maior beneficiária da invenção de Leblanc, superando a produção da França (OESPER, 1943).

Em todas essas instalações construídas, notou-se, com o tempo, as características de grandes complexos industriais capitalistas: concentração técnica e financeira. Como vimos, mais de um complexo industrial se integrou às fábricas de soda, criando conglomerados. A lógica era que a localização das indústrias era determinada pela oportunidade de se obter matérias-primas baratas, e uma boa rota de saída para os produtos manufaturados.

Na Inglaterra, as fábricas de soda Leblanc encontraram uma indústria têxtil forte, pronta para absorver seus produtos químicos. Além disso, as fábricas de vidro, de sabão, de papel e de adubos passam a consumir grandes quantidades de ácido e pó branqueador. Importante mencionar que o florescimento do pó esbranquiçado começou a demandar cloro barato, que pôde ser rapidamente fornecido pelas fábricas de soda Leblanc. Devido ao avanço nos transportes e a diminuição das tarifas, como a abolição de um *Salt Act*, a Inglaterra passa

a também dominar o mercado externo. A falta de enxofre vindo da Sicília, além da legislação inglesa passam também a contribuir para a procura de novos processos nas indústrias, melhorando continuamente a fabricação dos produtos químicos. Um exemplo é o desenvolvimento da exploração da pirita na Irlanda e na Noruega, e de novos processos para a fabricação de ácido sulfúrico. Outro exemplo é um *Alkali act*, de 1863, que obrigou as fábricas de soda a recuperar 95% do ácido clorídrico liberado. Diversos processos vão então sendo estimulados para a produção de cloro e pó de branqueamento (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

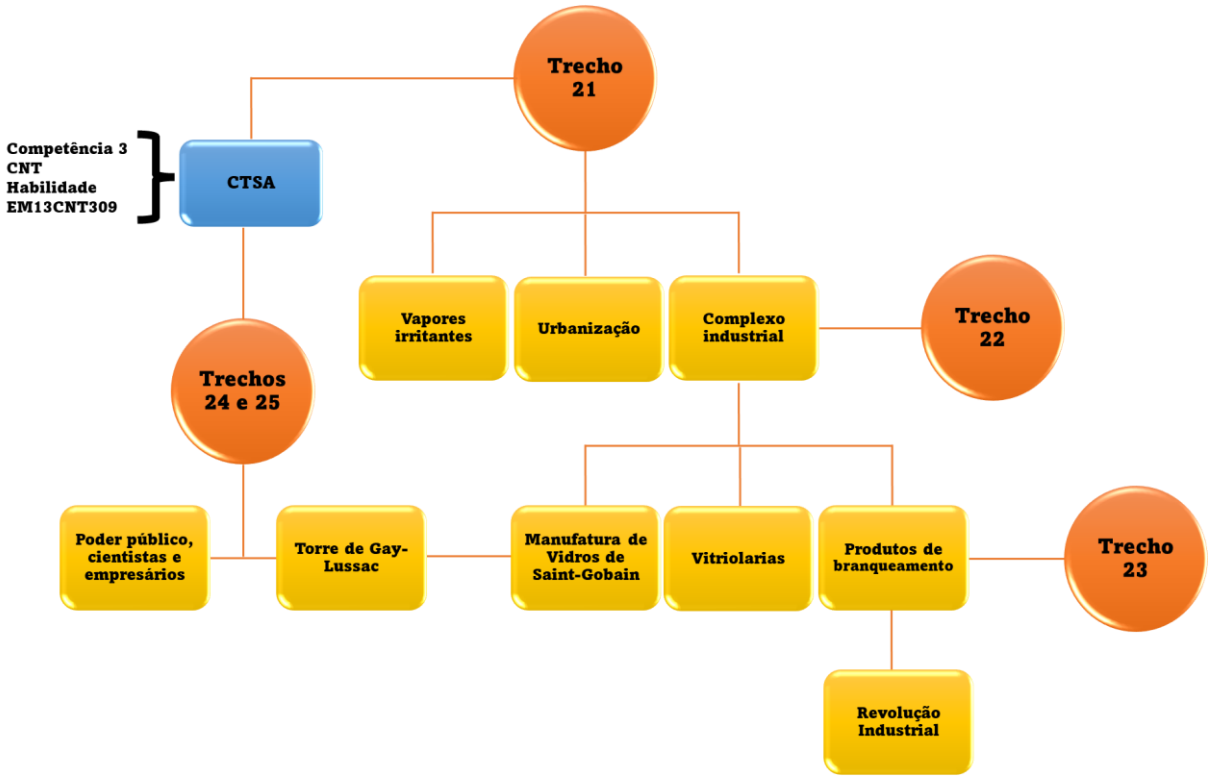
Nesse último exemplo, vemos que medidas ambientais tomadas, junto com inovações técnicas, contribuíram economicamente para as fábricas de soda. Além das relações CTSA que podem ser mobilizadas, identificamos o potencial de se trabalhar com a Competência Específica 3 da área de CNT e a habilidade EM13CNT309.

> **COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 3 CNT**
>
> Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) (BRASIL, 2018, p. 558).

> **Habilidade EM13CNT309**
>
> Analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual em relação aos recursos não renováveis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de motores e processos de produção de novos materiais (BRASIL, 2018, p. 560).

Os contextos presentes neste tópico são bastante complexos. Resumimos na Figura alguns deles e suas potencialidades para estimular reflexões CTSA no ensino.

Figura 26 – À volta das fábricas de soda: relações CTSA



Fonte: elaboração própria

Vamos, então, analisar mais propriamente as questões ambientais no contexto da fabricação de soda na Europa.

5.10 AS QUESTÕES AMBIENTAIS

O episódio histórico ainda pode se mostrar interessante para discussões ambientais serem realizadas dentro de um contexto social, político, econômico, científico e tecnológico complexo, o que permite trabalhar com o critério 2. Isso pode mostrar mais uma vez que não há uma limitação apenas em discussões dentro do campo tradicional da química escolar. Além disso, permite aprofundar questões relativas à abordagem CTSA.

Durante o período de 1770-1830, o desenvolvimento da química contribuiu para a reorganização tecnológica da França e sua governança ambiental. Por um período, justificou-se o uso de processos potencialmente nocivos afirmando que isso contribuiria para a prosperidade nacional. Ainda, com a ideia de progresso, construiu-se juridicamente e retoricamente um regime de produção que desqualificou a preocupação tradicional perante certos processos artesanais e industriais, ajudando no estabelecimento de uma nova

governança ambiental dedicada ao avanço da química e da produção industrial (LE ROUX, 2016).

Na década de 1770 e antes dela, as ciências na França eram fortemente influenciadas pela teoria do miasma. Dessa forma, era condenado fortemente a fabricação em larga escala de ácidos, por exemplo, perto de casas e áreas urbanas. A polícia era quem fiscalizava laboratórios e manufaturas que produziam vapores desses ácidos. Antes dessa década, a produção de produtos químicos, em especial de ácidos, como o ácido nítrico, conhecido até então como *aqua fortis*, e o ácido sulfúrico, conhecido como óleo de vitríolo ou espírito de vitríolo, foi banida das cidades por problemas respiratórios na população e danos à vegetação (LE ROUX, 2016).

Na década de 1770, porém, uma nova forma de ver a química promovida por cientistas e instituições estava surgindo. Um dos motivos era de que os ácidos eram produtos industriais chave, e o governo começou a promover fortemente essa fabricação. Além disso, na área médica, os ácidos passaram a ser usados para desinfectar corpos putrefatos, neutralizando seu cheiro (LE ROUX, 2016).

Na comunidade médica francesa, na qual predominavam o aerismo e a teoria do miasma, essa remoção do cheiro fétido foi considerada uma vitória e o experimento teve um enorme impacto, quebrando com as concepções da natureza corrosiva e perigosa dos ácidos. A fumegação de ácidos como método de desinfecção passa, então, a se propagar a médio prazo (LE ROUX, 2016).

Nessa época, os químicos passaram a ocupar cargos regulatórios no governo e começaram a advogar a favor das indústrias, julgando os reclamantes de ignorantes e preconceituosos em relação às ciências. Começaram a considerar que as fábricas de ácidos não poluíam, mas melhoravam o ar e preveniam epidemias. Apelavam também para argumentos econômicos (LE ROUX, 2016).

A química da década de 1770 contribuiu então para transformar a percepção de médicos e cientistas dos ácidos minerais e de outras substâncias, que até essa década eram temidas por seus efeitos corrosivos. Essa ruptura conceitual teve um efeito a médio prazo sobre a política do incômodo industrial. A partir da Revolução Francesa, também se colocaram os interesses industriais químicos à frente dos problemas causados. O liberalismo, que já estava perceptível desde o final do Antigo Regime, inspirou a facilitação de abrir indústrias independente dos problemas causados. Mais liberdade para os industrialistas e

menos regulação. A guerra revolucionária aumentou ainda mais as necessidades industriais (LE ROUX, 2016).

Nesse período, os cientistas se tornaram os novos especialistas oficiais para avaliar a poluição das fábricas. O Comitê da Saúde Pública passou a incentivar as produções industriais, sendo formado principalmente por químicos. Após o retorno da paz em 1795, a expansão econômica da França foi impulsionada principalmente pela indústria química (LE ROUX, 2016).

No entanto, em toda a França a partir da década de 1800, julgamentos contra proprietários de fábricas de produtos químicos acusados de poluição apareceram de forma mais contundente. Depois que Chaptal foi substituído por Jean-Baptiste de Champagny (1756-1834) como Ministro do Interior em agosto de 1804, as autoridades contemplaram uma resposta nacional a esta questão que se tornou recorrente. Dois relatórios foram publicados, um em 1804 e outro em 1809, preocupando-se com questões de saúde pública.

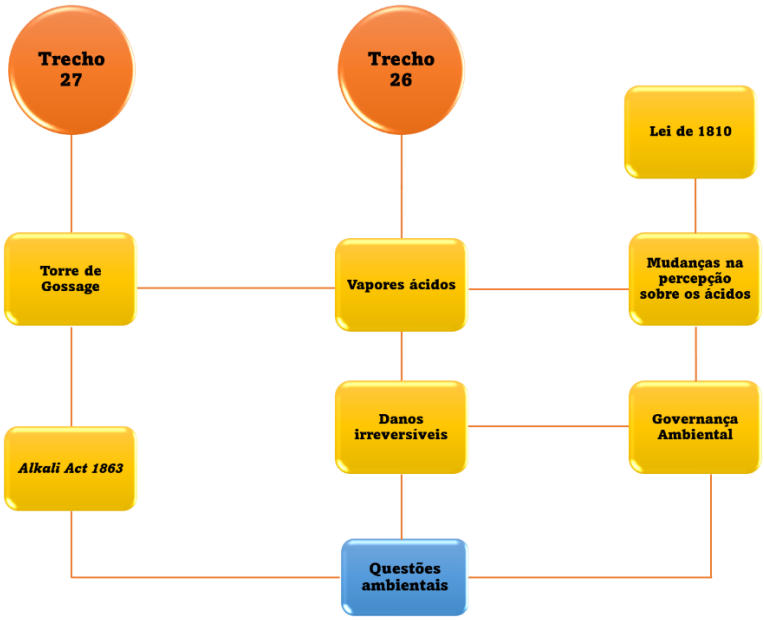
> **Trecho 26**
>
> Por outro lado, por meses, o principal problema vinha sendo causado pelas fábricas de hidróxido de sódio, em que o sal marinho era desmembrado pelo ácido sulfúrico usando o processo Leblanc, descarregando grandes quantidades de ácido clorídrico. Diversas fábricas de soda administradas por ilustres químicos que se tornariam membros do *Conseil de Salubrité* (Darcet e Charles Marc) ou muito próximo deles (Pluvinet e Payen), foram construídas depois de 1800, nos subúrbios parisienses de Saint-Denis, Gentilly, Belleville e Nanterre. Ao redor de cada fábrica, todos podiam ver os danos irreversíveis causados pelos vapores ácidos e a destruição total de plantações e pomares (LE ROUX, 2016, p. 213, tradução nossa).

A partir da administração de Champagny, começou a ideia de equilíbrio entre os interesses de industriais e de proprietários vizinhos. Isso levou à lei de outubro de 1810 sobre indústrias insalubres. A ideia era introduzir melhorias e inovações nos processos para reduzir os danos causados para se tornar uma indústria menos insalubre, além da construção afastada das áreas urbanas. Recuperar os gases nocivos ao ambiente passa a ser uma medida importante tanto ambiental como economicamente (LE ROUX, 2016). É nesse contexto que se enquadram as fábricas de soda.

> **Trecho 27**
>
> Por meados do século XIX, o processo Leblanc reinou supremo. Um sério problema associado ao processo foi a poluição causada pelo cloreto de hidrogênio liberado durante a primeira etapa do processo. Isso foi amplamente aliviado pela invenção de William Gossage (1799-1877). Gossage permitiu a perda de gases ao subirem por uma torre cheia de coque pela qual escorria água (HUDSON, 1992, p. 247, tradução nossa).

Além dessa medida, vimos no tópico anterior que outras medidas tecnológicas foram tomadas para a recuperação do enxofre e do cloro no processo, significando melhorias econômicas e ambientais. O *Alkali act*, de 1863, também pode ser explorado como uma medida ambiental importante no contexto escolar.

Figura 27 – As questões ambientais no episódio da fabricação de soda



Fonte: elaboração própria

5.11 O PROCESSO SOLVAY

A ascensão do processo Solvay também representa uma boa oportunidade para trabalhar as relações CTSA no Ensino de Ciências, satisfazendo novamente o critério 2 que estabelecemos para analisar as potencialidades do episódio.

Na França, inspirado pelos trabalhos com os gases que eram desenvolvidos nos séculos XVIII e XIX, Philippe Lebon (1767-1804), conhecendo o trabalho de Lavoisier sobre o gás hidrogênio, tem a ideia de utilizar os gases da queima da madeira como forma de iluminação e aquecimento. Propõe a invenção ao poder público, não recebendo resposta, e aos empresários, que a viram com desconfiança (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

Enquanto a ideia não se propaga na França, na Inglaterra são formadas companhias de iluminação que produzem gás de iluminação a partir do carvão mineral. William Murdoch (1754-1839), propõe a calcinação da hulha ao invés do carvão da madeira. Murdoch funda, em 1810, a *Chartered Gas Light and Coke Co*, e Christian Friedrich Accum

(1769-1838), diretor da companhia, difunde a tecnologia publicando o livro *Treatise on Gas Lighting*, em 1815. As fábricas de gás passaram então a se expandir, criando companhias também na França. Ao se proliferarem, essas fábricas passam a jogar nos rios resíduos fortemente poluentes do alcatrão de hulha e águas amoniacais, gerando um problema ambiental.

> **Trecho 28**
>
> Proliferam então, nos arredores das grandes cidades, fábricas de gás que deitam nos rios resíduos fortemente poluentes, águas amoniacais e alcatrão de hulha. A Gas Light and Coke Co constrói uma destilaria para produzir revestimentos para telhados e cordames com o alcatrão e o breu, mas mesmo todos os barcos do *Navy Office* e todos os telhados de Inglaterra não chegam para consumir todo o pez produzido. E que fazer das águas residuais, plenas de amoníaco, que são deitadas directamente no Tamisa (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996, p. 239)?

Em relação às águas amoniacais, regularmente aparecem pequenos anúncios nas colunas da *Gas Gazette* oferecendo os resíduos para quem pagasse mais. Pensou-se, então, em utilizar esses resíduos na produção de soda. Já se conheciam as leis de Berthollet para a produção da soda a partir do carbonato ácido de amoníaco e do sal marinho desde o início do século XIX, mas as dificuldades técnicas de produção em larga escala eram muitas, sobretudo em um período em que as fábricas de soda Leblanc prosperavam na Inglaterra (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996). Em termos modernos, as leis de Berthollet podem ser representadas da seguinte forma:

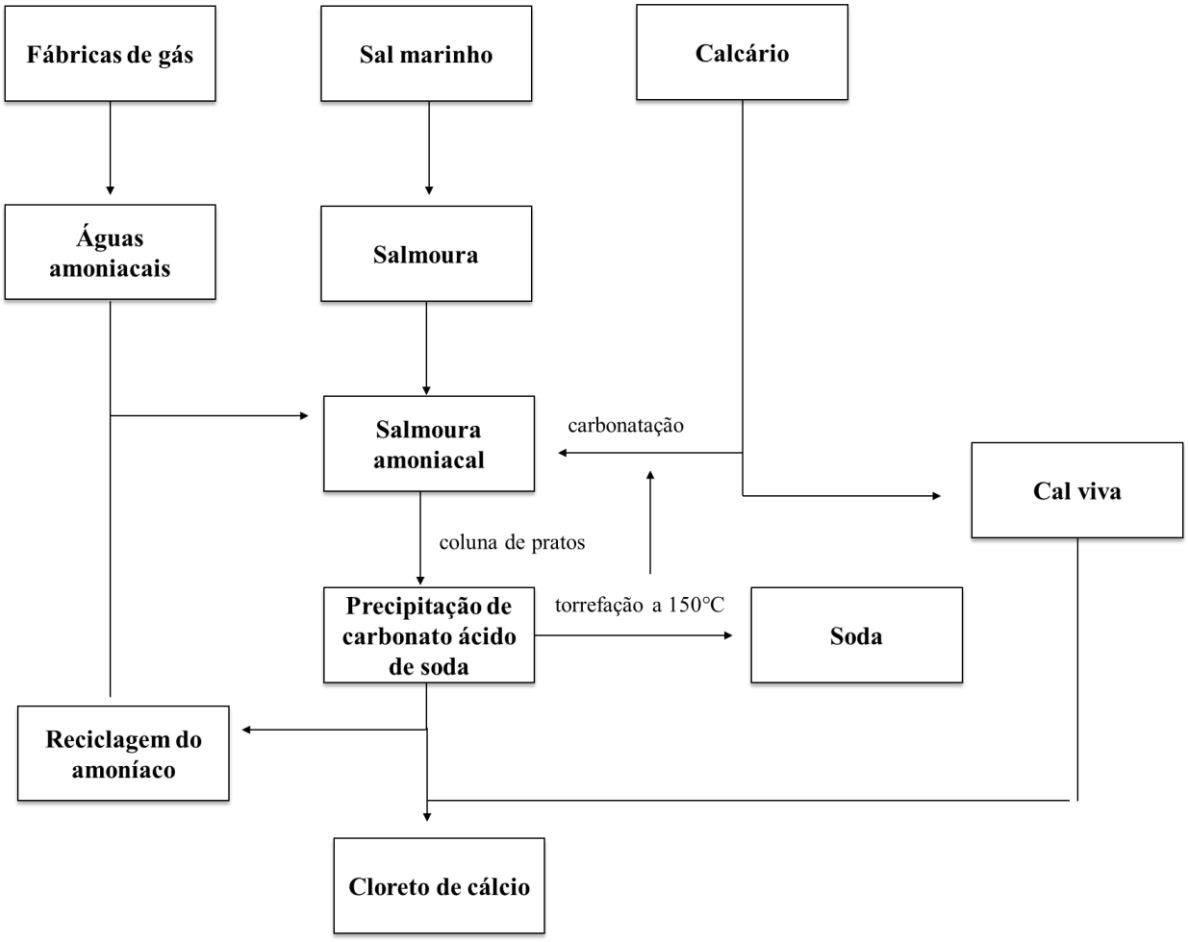
$$NaCl + NH_4HCO_3 = NaHCO_3 + NH_4Cl$$

$$2\ NaHCO_3 = Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$$

$$2\ NH_4Cl + Ca(OH)_2 = CaCl_2 + 2\ NH_3 + 2\ H_2O$$

Ernest Solvay (1838-1922), não estudou na Universidade, nem frequentou grandes laboratórios, mas conhecia bem as reações de Berthollet por ter trabalhado na indústria de sal do pai, sendo sensível ao problema ambiental dos resíduos de amoníaco por ter trabalhado também na indústria de gás do tio, a *Gas Company of Saint Josse ten Noord*, em Bruxelas. Ele e seu irmão, financiados pela família, montam uma fábrica de soda perto de Charleroi, em 1863, desconhecendo os insucessos de seus antecessores. Para cada dificuldade técnica, Solvay vai propondo uma nova invenção tecnológica, depositando patentes e resolvendo os problemas técnicos (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

Figura 28 – O processo Solvay



Fonte: elaboração a partir do esquema presente em Bensaude-Vincent e Stengers (1996)

Um exemplo: a carbonatação da salmoura amoniacal colocava dificuldades que foram resolvidas em 1868. Para garantir uma boa absorção do gás amoníaco pelo sal marinho em solução, precisava-se assegurar um bom contato líquido/gás e dissipar o calor liberado pela absorção. Solvay propõe então o uso de uma coluna de arrefecimento com cem pratos com crivos e chicanas para uma maior absorção do gás amoníaco na água de salmoura. Ele também introduziu fornos a carvão para recuperar as águas amoniacais e os subprodutos da destilação do alcatrão (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

Cabe mencionar que, assim como na história do processo Leblanc, muitos nomes também estão envolvidos nos avanços científicos e tecnológicos que propiciaram que o processo Solvay fosse economicamente rentável. Uma grande vantagem do processo Solvay em relação ao Leblanc, é a oportunidade de reciclar o amoníaco e o ácido carbônico. Ainda eliminava o uso do caro ácido sulfúrico e eliminava os problemas ambientais dos resíduos de enxofre e o despejo do ácido muriático:

Trecho 29

> Não havia alternativa senão despejá-lo perto das fábricas de álcalis, onde liberava sulfeto de hidrogênio que atuava sobre a água da chuva ácida. Isso não apenas causava um sério problema de poluição, mas também todo o enxofre do ácido sulfúrico original era desperdiçado. Embora métodos tenham sido desenvolvidos para recuperar o enxofre dos resíduos alcalinos, percebeu-se a partir de 1811 que poderia haver um processo alternativo muito mais elegante de fabricação de álcalis. [...] Diversos fabricantes lutaram para introduzir o processo amônia-soda; a dificuldade estava na concepção de uma planta que tornasse o processo praticável industrialmente e envolvesse pequena perda de amônia. O verdadeiro sucesso foi alcançado pela primeira vez pelos irmãos Solvay na Bélgica na década de 1860, e seu processo foi finalmente aperfeiçoado na década de 1870. Por volta de 1902 mais de 90 por cento da soda do mundo era feita pelo processo amônia-soda, e o método ainda está em operação hoje (HUDSON, 1992, p. 247-248, tradução nossa).

Contudo, as fábricas Solvay não encontraram facilidade para se instalar na Inglaterra. As fábricas Leblanc, prósperas e bem implantadas, fundem-se e resistem à concorrência até desaparecer verdadeiramente após alguns anos devido ao conjugado de soda Solvay. Já na França, as fábricas Leblanc já se encontravam em declínio, facilitando a introdução das indústrias Solvay que, em 1913, produziam dois terços da soda no país (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

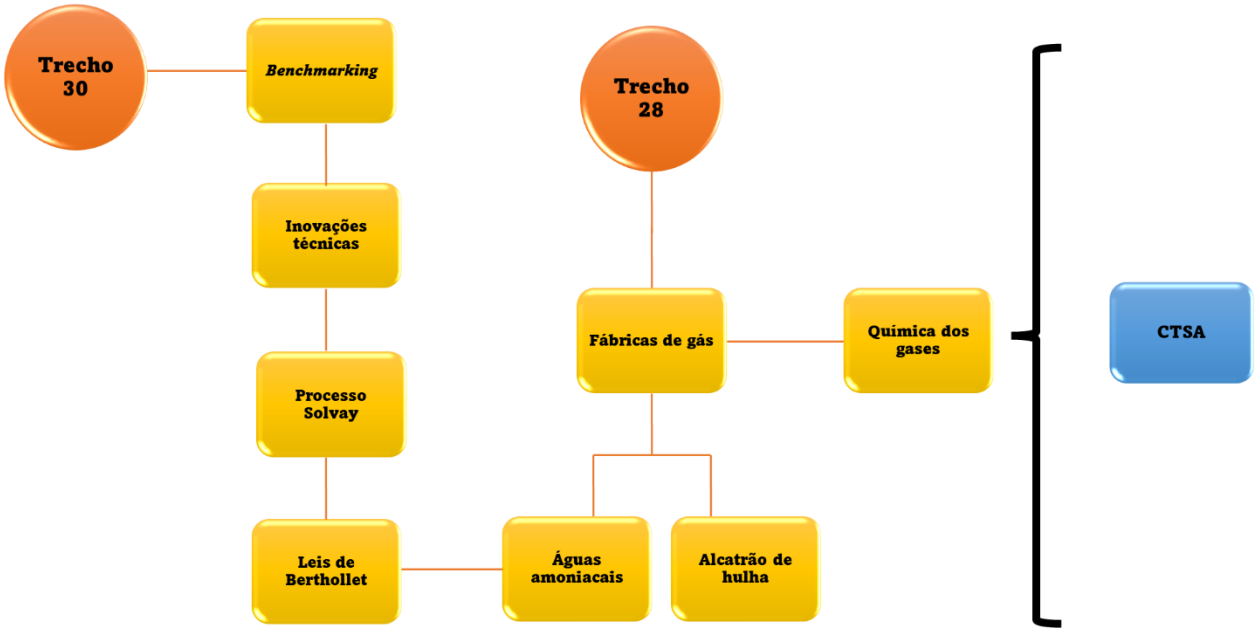
Solvay passa a se interessar por outros temas, passando a estudar o calor, a energia e as unidades da matéria. Em 1911, ele convida importantes físicos e químicos de diversos países para irem à Bruxelas e assim nascem os Conselhos Solvay, que desempenharam papel importante no período das Grandes Guerras (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996). Os Conselhos Solvay poderiam ser explorados e aprofundados em contexto de ensino, a partir de um outro recorte histórico, favorecendo o estabelecimento do critério 3.

Observamos então, que a ascensão do processo Solvay também se dá não somente no campo da química, mas numa complexa rede de transformações e avanços na tecnologia, nas ciências físicas e por interesses sociais e ambientais da época. Com a instalação de fábricas de soda Solvay na Alemanha, Inglaterra, Estados Unidos e França, a soda Leblanc foi perdendo a competição e as fábricas perderam cada vez mais seu protagonismo e foram fechadas (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996). A Primeira Guerra Mundial, em especial, atingiu em cheio as fábricas de soda Leblanc devido à falta de carvão e as restrições do uso de ácido sulfúrico, que era destinado aos esforços da guerra. O fim veio em 1923, quando a última fábrica de soda Leblanc foi fechada na Inglaterra (OESPER, 1943).

Para finalizar este tópico, Homburg faz uma ressalva do superestimado papel da química em processos industriais como o de Solvay. Para o pesquisador, o papel da indústria química foi bem menor do que o suposto para a Segunda Revolução Industrial:

> **Trecho 30**
>
> Em outras indústrias químicas o papel da química era ainda mais limitado. O processo amônia-soda desenvolvido em 1861 por Ernest Solvay, por vezes apontado como um dos exemplos da Segunda Revolução Industrial, foi baseado em sua leitura de literatura química geral em uma biblioteca pública e na experiência prática na fábrica de gás de seu tio, não em pesquisa química científica digna desse nome. Depois de 1870, a Solvay tornou-se uma grande empresa multinacional, mas os principais ingredientes dessa conquista eram advogados de patentes, estratégias comerciais e engenharia. Em meados da década de 1870, a empresa desenvolveu um sistema de *benchmarking* técnico de suas fábricas que, aliado ao sigilo, tornou-se uma das estratégias de maior sucesso da empresa (HOMBURG, 2018, p. 574, tradução nossa).

Figura 29 – Mais relações CTSA no processo Solvay



Fonte: elaboração própria

5.12 O CONTEXTO BRASILEIRO

O intuito da elaboração deste tópico é discutir como a fabricação dos álcalis e seus diversos contextos se inserem em discussões nacionais. Dessa forma, acreditamos que diálogos com a história científica, tecnológica, econômica e cultural brasileira podem emergir do estudo do episódio.

O século XVIII, em Portugal, foi marcado pelo governo de D. José I (1714-1777) entre os anos de 1750 e 1777 e a administração de Marquês de Pombal (1699-1782), que, de acordo com as ideias iluministas e das ciências da época, se empenharam em modernizar e fortalecer o estado e incentivar a agricultura e a industrialização da economia em um período de declínio da mineração do ouro brasileiro. Um dos resultados foi o avanço da comunidade científica em Portugal com a reforma da Universidade de Coimbra em 1772, a contratação de cientistas e professores estrangeiros, a impressão e circulação de livros e a publicação de memórias, artigos, patentes e manuais de tecnologia (LUNA, 2008).

Do ponto de vista econômico, houve um aumento da demanda por matérias-primas devido ao início da Revolução Industrial, ao já mencionado declínio do ciclo ouro, à revalorização da agricultura em Portugal e à concorrência dos produtos trazidos do Caribe – colônias europeias. A botânica, ligada à medicina, à agricultura e à química, tornou-se uma preocupação explícita da coroa em relação às colônias portuguesas, em particular no Brasil, passando a estimular um aumento da quantidade e qualidade dos produtos coloniais (LUNA, 2009).

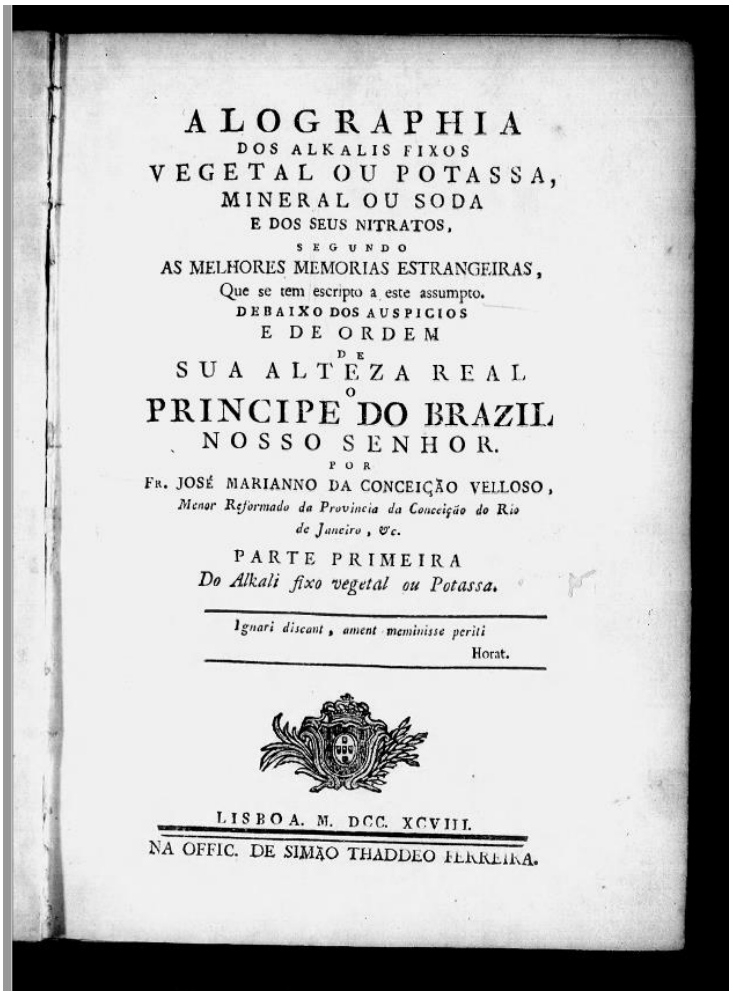
A partir da década de 1790, a divulgação das ideias iluministas se deu mais forte no Brasil, mesmo após a administração de Pombal. Nesse contexto, o frei de Minas Gerais, José Mariano da Conceição Veloso, um dos importantes nomes das ciências e tecnologia do império português, dedicando-se aos estudos da botânica em um convento no Rio de Janeiro, discutiu a técnica industrial de obtenção da potassa e da soda a partir de plantas (além de um tomo dedicado à exploração do salitre) em seu livro denominado *Alographia dos álcalis fixos vegetal ou potassa, mineral ou soda e dos seus nitratos, segundo as melhores memorias estrangeiras, Que se tem escripto a este assumpto*, publicado em 1798 em Lisboa. Na literatura dos cronistas do Brasil imperial nos dois séculos anteriores, já havia menções à extração da potassa a partir das cinzas de madeira do pau-brasil. No período pré-colombiano, também há evidências de que populações indígenas extraíam a potassa da raiz de carnaúba calcinada (LUNA, 2008).

Veloso se dedicou também à atividade editorial e de tradução de artigos científicos sobre os mais diversos temas, divulgando publicações sobre técnicas industriais, com destaque para as atividades que poderiam ser desenvolvidas no Brasil. Temas como mineração, instalação de fábricas, agricultura, criação de animais, manuais de desenho e pintura permeiam a obra do frei mineiro. Sua ideia era publicar livros que pudessem instrumentalizar a indústria e a agricultura brasileira. Pretendia com suas obras divulgar

informações para melhorar o conhecimento sobre a fabricação de produtos e a exploração de culturas agrárias como a cana-de-açúcar, o tabaco, o chá, o café, o cacau, o arroz, a batata e as plantas tintoriais (LUNA, 2009).

No *Alographia dos álcalis* (Figura 30), Veloso, no primeiro tomo (o único disponível na Seção de Obras Gerais da Biblioteca Nacional no Rio de Janeiro), reúne traduções de capítulos de livros, cartas, artigos científicos, patentes, plantas de fábricas, ilustrações detalhadas de fornos e desenhos das plantas brasileiras que poderiam ser usadas na produção da potassa. Dirigindo-se ao príncipe regente D. João (1767-1826), Veloso propõe a instalação de fábricas para reduzir as importações dos sais (potassa, soda e salitre) e beneficiar as saboarias, vidrarias, tinturarias, branquearias, agricultura, química e farmácia no Brasil (LUNA, 2008; 2009).

Figura 30 – Alographia dos álcalis, de José Mariano da Conceição Veloso (1798)



ALOGRAPHIA
DOS ALKALIS FIXOS
VEGETAL OU POTASSA,
MINERAL OU SODA
E DOS SEUS NITRATOS,
SEGUNDO
AS MELHORES MEMORIAS ESTRANGEIRAS,
Que se tem escripto a este assumpto.
DEBAIXO DOS AUSPICIOS
E DE ORDEM
DE
SUA ALTEZA REAL
O
PRINCIPE DO BRAZIL
NOSSO SENHOR.
POR
FR. JOSÉ MARIANNO DA CONCEIÇÃO VELLOSO,
Menor Reformado da Provincia da Conceição do Rio de Janeiro, &c.
PARTE PRIMEIRA
Do Alkali fixo vegetal ou Potassa.
Ignari discant, ament meminisse periti
Horat.
LISBOA. M. DCC. XCVIII.
NA OFFIC. DE SIMÃO THADDEO FERREIRA.

Fonte: Veloso (1798)

Na obra, Veloso traduz e dialoga com as melhores obras estrangeiras disponíveis até então. A definição de sal presente no texto era aquela própria do fim do século XVIII, que considerava sal tudo o que se dissolve em água. Os sais alcalinos eram classificados por sua solubilidade em água, sabor característico e capacidade de mudar a cor dos indicadores acidobásicos. Percebe-se nas traduções de Veloso, em certos momentos, um diálogo com a teoria dos quatro elementos e, em outros capítulos, um diálogo com a química de Lavoisier (LUNA, 2008; 2009).

Na seção final do primeiro tomo, a *Flora Alographica*, Veloso descreve e estampa 22 plantas brasileiras que podiam servir para a produção de potassa, como a bananeira, o milho e o girassol. Essa seção é de autoria do próprio Veloso, mostrando que havia ciências sofisticadas e relevantes no Brasil colonial do século XVIII, dialogando com as ciências de vanguarda europeias e voltada para o avanço da tecnologia local (LUNA, 2008; 2009).

Por fim, ressalta-se que o objetivo explícito do frade era, a partir da circulação e leitura dos livros, educar os colonos para que aumentassem a produtividade de suas atividades econômicas, resultando na melhoria da produção local (LUNA 2009).

Estudando o contexto brasileiro percebemos mais diálogos emergindo. As disciplinas história, química, sociologia e biologia poderiam ser estudadas a partir desse contexto, compreendendo uma parte da história colonial do Brasil setecentista, suas influências na sociedade da época, além de diálogos com conceitos químicos e botânicos. Assim, os critérios 1 e 2 são satisfeitos no estudo desse contexto. Além disso, pode-se estudar como as ciências são influenciadas pelo período histórico e pelos contextos sociais e culturais que estão envolvidas, satisfazendo também nosso critério 3 de análise. Consideramos então, o contexto brasileiro como um episódio histórico de potencial interdisciplinar para o contexto escolar e de grande relevância para o contexto educacional nacional.

Mais uma vez, identificamos competências e habilidades da BNCC que poderiam ser mobilizadas no estudo do contexto brasileiro. Elegemos as seguintes:

> **COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 1 CHS**
>
> Analisar processos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais nos âmbitos local, regional, nacional e mundial em diferentes tempos, a partir da pluralidade de procedimentos epistemológicos, científicos e tecnológicos, de modo a compreender e posicionar-se criticamente em relação a eles, considerando diferentes pontos de vista e tomando decisões baseadas em argumentos e fontes de natureza científica (BRASIL, 2018, p. 571).

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 1 CNT

Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global (BRASIL, 2018, p. 554).

Habilidade EM13CNT101

Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas (BRASIL, 2018, p. 555).

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 2 CNT

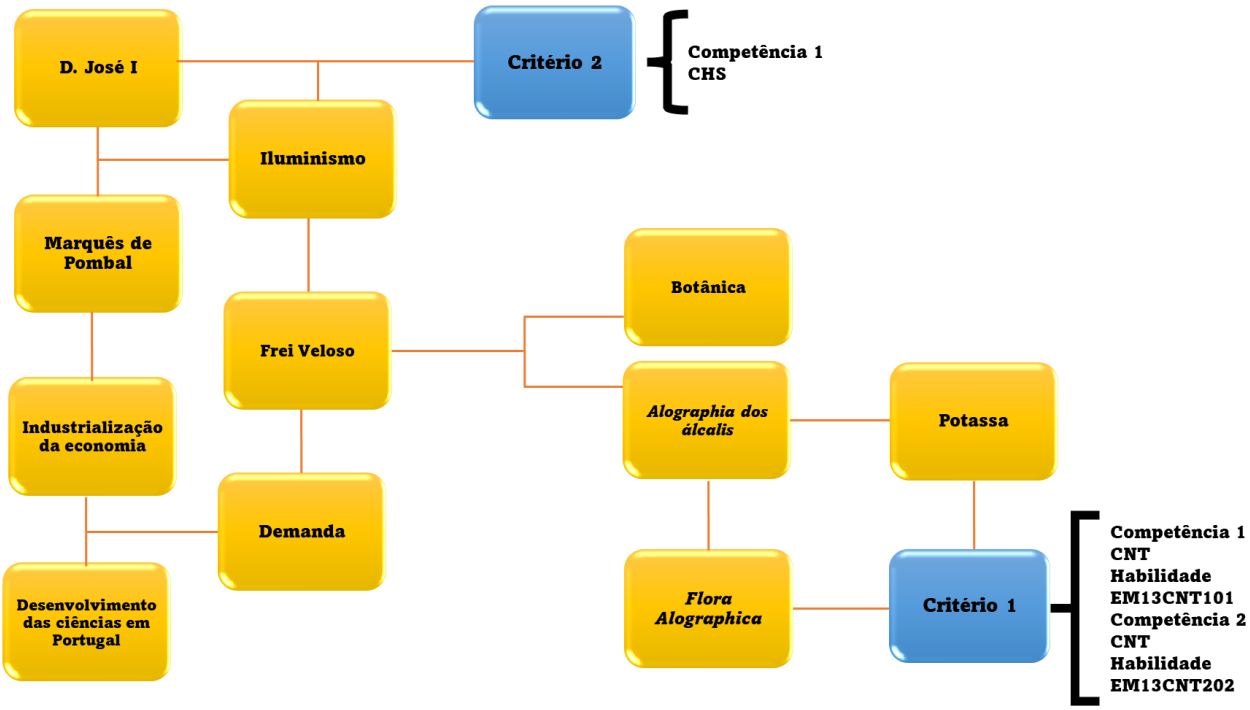
Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis (BRASIL, 2018, p. 556).

Habilidade EM13CNT202

Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros) (BRASIL, 2018, p. 557).

Por fim, a Figura 31 resume os diálogos possíveis no estudo do contexto brasileiro.

Figura 31 – Diálogos presentes no estudo do contexto brasileiro



Fonte: elaboração própria

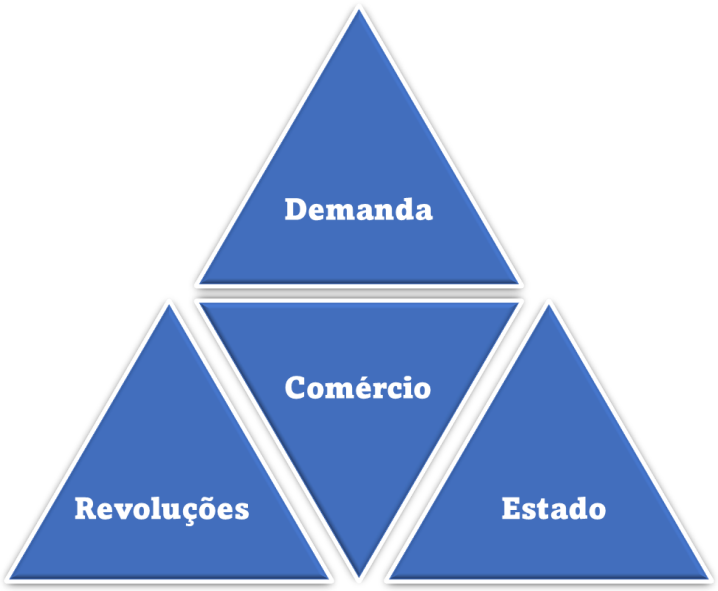
5.13 OS MÚLTIPLOS DOMÍNIOS

O objetivo deste tópico é avaliar de que forma o episódio histórico da fabricação de soda permite conhecer os diferentes domínios do conhecimento em que se insere. Acreditamos que, apesar de tradicionalmente ser avaliado apenas pelo domínio científico – e particularmente da química – as questões envolvidas são bastante complexas, com muitos diálogos envolvidos em diferentes escalas. Utilizando o modelo teórico-analítico de Barbiéri e Francoy (2020), identificamos os domínios econômico, ambiental, social e científico que necessitam de compreensão em um contexto interdisciplinar de ensino.

5.13.1 Domínio econômico

Neste subtópico, identificamos os principais aspectos econômicos que podem ser compreendidos por meio do estudo do episódio.

Figura 32 – Domínio econômico da fabricação de soda



Fonte: elaboração própria

A demanda crescente por soda artificial durante o século XVIII é um aspecto econômico importante de ser estudado. Vimos que os álcalis eram importantes insumos químicos necessários para várias indústrias que estavam em expansão no período, como as de papel, vidro, sabão e têxtil – essa última sendo bastante influenciada pela Revolução Industrial. Havia um declínio na obtenção da potassa e a França dependia largamente da soda estrangeira. A produção natural tinha seus limites e, com isso, aumentavam-se as preocupações sobre meios de obtenção da soda artificialmente no período em que a Revolução Industrial ganhava força.

O papel do estado é outro aspecto a ser compreendido. Como vimos, os governos pré-revolucionários europeus – inclusive influenciando políticas no Brasil – já estavam fomentando o crescimento econômico, principalmente o industrial, o que se intensificou com a dupla revolução. Especificamente na França, vimos o esforço do estado para promover a química industrial e a independência nacional em relação a produtos estrangeiros.

O papel das Revoluções Industrial e Francesa é um terceiro aspecto econômico necessário para a compreensão do episódio. A demanda por produtos manufaturados e o desenvolvimento industrial, tecnológico e científico explodiram e a Revolução Francesa estimulou o desenvolvimento científico e técnico, incentivando a produção industrial.

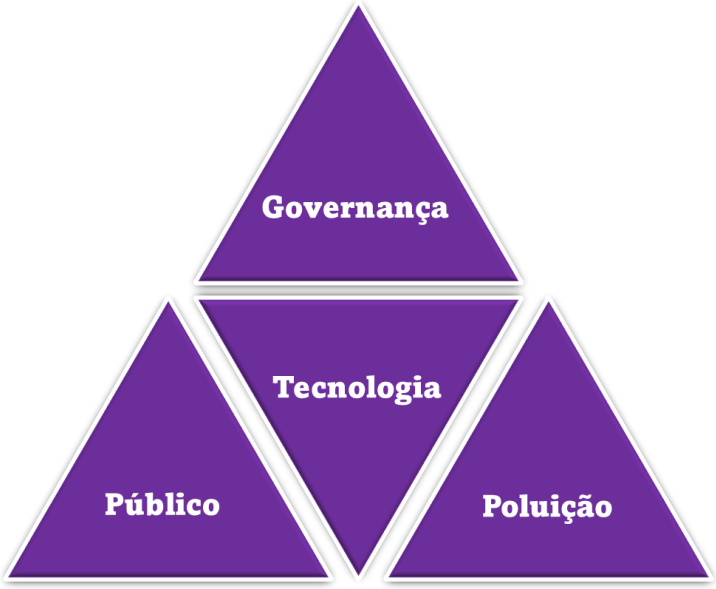
Por fim, a expansão do comércio, principalmente ultramarino, é importante de ser compreendida. No século XVIII verificou-se uma expansão do comércio têxtil, de pessoas

escravizadas e de outros produtos e matérias-primas, influenciando os outros três aspectos e, portanto, a fabricação de soda.

5.13.2 Domínio ambiental

Agora, veremos como o episódio pode contribuir para compreendermos o domínio ambiental do conhecimento no nosso estudo de caso.

Figura 33 – Domínio ambiental da fabricação de soda



Fonte: elaboração própria

Em relação à governança ambiental na França do século XVIII, foi possível estudar as relações entre estado e política ambiental. Antes da década de 1770, as indústrias e laboratórios químicos estavam sujeitos a regulações ambientais. Após 1770, vimos que os químicos conseguiram mudar a visão que se tinha da química dos ácidos, tanto pela interpretação médica como econômica. Em 1810 essa política mudou novamente, com uma lei que regulava as indústrias insalubres, exigindo aperfeiçoamentos técnicos para evitar a liberação de gases poluentes, por exemplo. Outro exemplo é um *Alkali act*, de 1863, que obrigava as fábricas de soda a recuperar 95% do ácido muriático liberado nas instalações.

Sobre as inovações tecnológicas, vimos como fatores ambientais e tecnológicos estão imbricados e podem ser estudados. Passamos pelos melhoramentos nas fábricas de soda a partir do processo Leblanc para recuperar o cloro e os resíduos de enxofre liberados, como a

torre de William Gossage, e a ascensão do processo Solvay, ambientalmente mais correto e que se valia das águas amoniacais que eram despejadas nos rios.

O problema da poluição também deve ser estudado no contexto ambiental. Tanto o problema da chuva ácida gerada pelas fábricas Leblanc como os despejos das águas amoniacais em rios e lagos podem ser explorados visando a compreensão do domínio ambiental que envolve o episódio.

Por último, o aspecto da percepção pública também é importante de ser compreendido. Vimos como a população influenciou nos relatórios franceses de 1804 e 1809 que culminaram na lei de 1810. Além disso, a percepção sobre a poluição do Tâmisa na Inglaterra influenciou o surgimento do processo Solvay.

5.13.3 Domínio social

O domínio social é o terceiro domínio a ser estudado na compreensão de nosso episódio histórico.

Figura 34 – Domínio social da fabricação de soda

Fonte: elaboração própria

O primeiro aspecto a ser considerado na análise do domínio social é a questão da Revolução Francesa. Como vimos, tal revolução modificou profundamente as relações

políticas, ideológicas e sociais da França, estimulando o aparecimento de químicos-empreendedores e industriais, influenciando a propagação das indústrias de soda Leblanc.

Em relação ao Iluminismo, suas ideias se propagaram por todo continente Europeu e em colônias como o Brasil. As ideias do empirismo, razão, direitos naturais, liberdade política e econômica e sobreposição das ciências à religião influenciaram o curso do episódio.

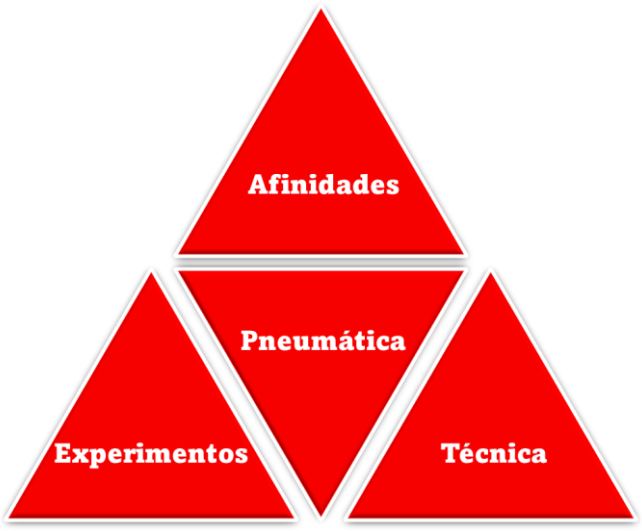
Os químicos do século XVIII também se inseriram em um contexto social específico, formando uma cultura de químicos e um coletivo de praticantes. Vimos que essa cultura era baseada em um conjunto de práticas, gestos, teorias, instrumentos, produtos, manuais e métodos de ensino, traduções, correspondências e representações simbólicas.

Por fim, os químicos também adentraram as esferas de governo, influenciando diretamente nas indústrias químicas, como vimos nos casos das atuações do *Bureau du Commerce* e do Comitê da Saúde Pública.

5.13.4 Domínio científico

Para finalizar nossa análise, trataremos agora do domínio científico que envolve o episódio.

Figura 35 – Domínio científico da fabricação de soda



Fonte: elaboração própria

Percebemos através do estudo do episódio, a importância da teoria das afinidades químicas para explicar e influenciar a procura por processos sintéticos para a obtenção de soda. Com essa teoria, os corpos químicos passaram a ser enxergados como resultado de uma composição material, avançando na produção de substâncias artificiais em laboratório, verificando que não havia diferença entre o natural e o artificial.

Em relação à química pneumática, além das influências na química teórica do final do século XVIII, podemos destacar a descoberta do hoje chamado gás cloro, influenciando o complexo de indústrias químicas que se estabeleceu à volta das fábricas de soda.

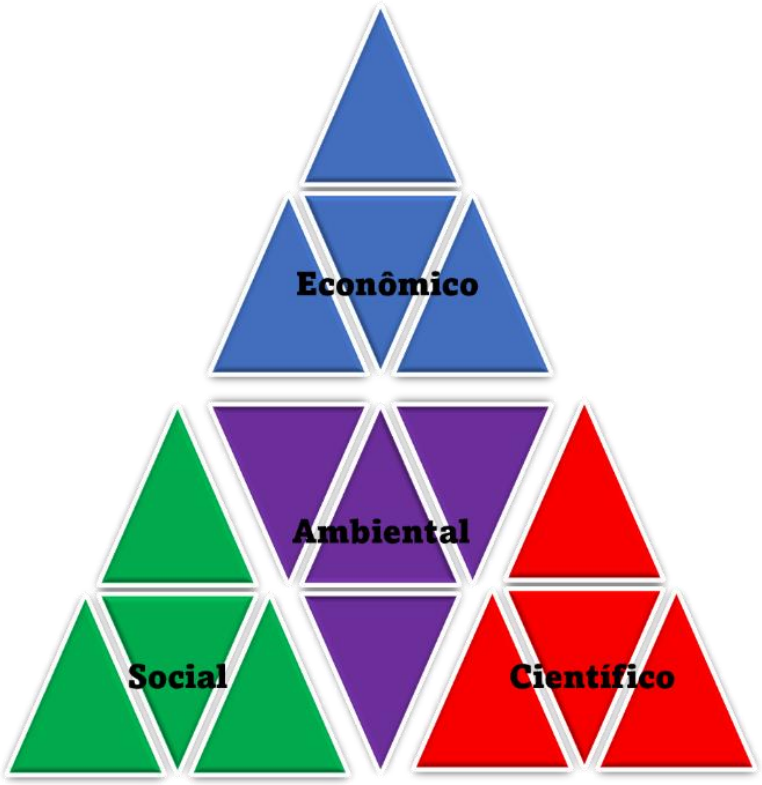
Ainda, a experimentação avançou bastante no século XVIII, com a criação de novos métodos e instrumentos que influenciaram tanto as descobertas no laboratório como na indústria.

Por fim, destacamos a mútua influência entre as ciências e as técnicas. Como exemplo, vimos o surgimento das câmaras de chumbo, que permitiram a produção de ácido sulfúrico em larga escala, um dos insumos do processo Leblanc.

5.13.5 Abordagem interdisciplinar

Os exemplos tratados mostram que, em um contexto educacional escolar, para se compreender os múltiplos domínios que envolvem o episódio histórico, esse só poderia ser compreendido em sua totalidade e com riqueza de detalhes se estudado de forma interdisciplinar, envolvendo o diálogo entre disciplinas escolares e professores de diferentes disciplinas. Esses devem transitar entre as escalas micro e macro de suas disciplinas, de forma que nem os detalhes e nem os contextos mais globais sejam abordados com carência de qualidade, assim como concluem Barbiéri e Francoy (2020) para o caso da meliponicultura.

Figura 36 – Múltiplos domínios do episódio da fabricação de soda da Europa dos séculos XVIII e XIX



Fonte: elaboração própria

5.14 IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

Ao analisarmos o episódio histórico, viajamos por acontecimentos mais amplos do mundo nos domínios econômico, social, científico e ambiental dos séculos XVIII e XIX e percebemos que estão conectados aos acontecimentos pontuais no interior da fábrica de Saint-Denis, na França. Sendo assim, consideramos a ideia de dialética interescalar importante para o ensino e aprendizagem de ciências. Isso porque as escalas macro e micro dos fenômenos naturais e sociais estão relacionadas e permitem uma compreensão mais rica e integradora da realidade ‘glocal’ dos estudantes e das estudantes.

Percebemos que viajar entre as escalas pelo episódio histórico só é possível, em um contexto escolar, se várias disciplinas e professores de diferentes especialidades fossem mobilizados, dialogando entre si e conferindo potencial interdisciplinar para o estudo. Conhecimentos históricos e sociais do século XVIII, por exemplo, não deixaram de se relacionar com os conhecimentos químicos da fábrica erguida por Leblanc e seus

colaboradores. Essa perspectiva é, em parte, inspirada na pedagogia crítica do lugar/ambiente e nosso estudo foi enriquecido a partir dessa abordagem pedagógica. Essa perspectiva nos lembra que o menor lugar do mundo não deixa de ter relações com a história global do planeta.

Ao estudarmos os múltiplos domínios que compõem os acontecimentos da história da fabricação da soda artificial, vimos que a economia, a sociedade, as ciências e o ambiente não podem ser isolados e devem dialogar em um contexto de ensino e aprendizagem escolar. A ideia de múltiplos domínios se constitui em uma ferramenta teórica poderosa para a construção de abordagens interdisciplinares, em que nem os detalhes nem os contextos são deixados de lado e com carência de uma abordagem de qualidade.

O motivo de todos esses diálogos propostos, domínios e escalas analisados e potenciais descritos, se inserem em uma perspectiva crítica de entendimento de mundo. Acreditamos que a compreensão da produção das ciências como atividades históricas, sociais, políticas, culturais, coletivas etc., mobilizando o estudo e o diálogo entre diferentes disciplinas escolares deve ser almejado visando a formação científica e política dos estudantes e das estudantes, preparando-os para participar do debate público sobre ciências e tecnologia e para entenderem o mundo de forma mais rica e reflexiva.

Além disso, percebemos que para a promoção das ideias de interdisciplinaridade que construímos ao longo deste texto (diálogos, escalas, criticidade, múltiplos domínios) é necessária uma historiografia das ciências mais próxima dos entendimentos dos *science studies*, considerando as ciências em sua historicidade e como fenômenos sociais e culturais, levando em conta as lógicas internas e externas na produção das ciências. Uma historiografia focada mais nos aspectos internos das ciências, ou ainda, uma História das Ciências de caráter tradicional, provavelmente empobreceria os estudos interdisciplinares que estamos propondo, já que poucas conexões seriam possíveis.

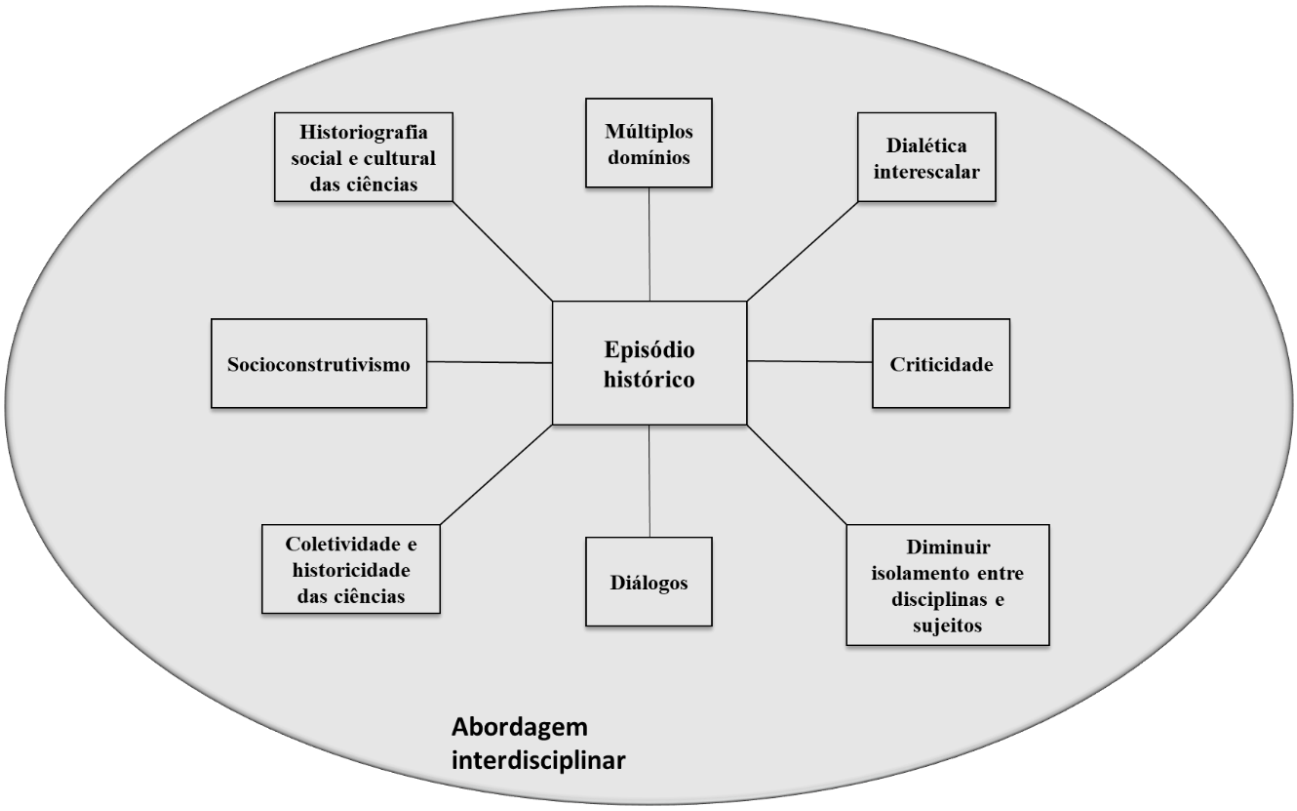
Dessa forma, acreditamos que o uso de fontes secundárias limitou nosso estudo, apesar da narrativa proposta por Bensaude-Vincent e Stengers ter nos aproximado das ideias de interdisciplinaridade e historiografia almejadas.

Também, as ideias de ciências e criticidade construídas a partir do episódio histórico, precisariam de uma abordagem pedagógica na escola mais próxima da socioconstrutivista. Isso porque essa abordagem também considera as ciências como atividades socialmente construídas.

Percebemos, também, uma dificuldade em se trabalhar com as competências e habilidades da BNCC. Consideramos que o documento mais se aproxima de uma concepção a-disciplinar, já que não há uma definição de objetos de conhecimento para o Ensino Médio. As competências e habilidades são muito genéricas e difíceis de se articularem e as concepções de interdisciplinaridade do documento são muito vagas. Apesar disso, tecemos diálogos com o documento, buscando enxergar de que forma competências e habilidades de diferentes áreas do conhecimento poderiam ser trabalhadas considerando o documento uma realidade da educação brasileira.

Resumimos na Figura 37 as condições necessárias para uma abordagem interdisciplinar mais rica e crítica que enxergamos a partir do estudo de episódios históricos das ciências.

Figura 37 – Condições para a promoção de uma abordagem interdisciplinar crítica a partir de episódios históricos das ciências no Ensino de Ciências



Fonte: elaboração própria

Por fim, ao finalizarmos o estudo do episódio histórico da fabricação de soda na Europa dos séculos XVIII e XIX, percebemos como o assunto é complexo e amplo. Porém, acreditamos que tem o potencial de encorajar os estudantes e as estudantes, em um contexto de ensino, a entender as ciências como atividades humanas, históricas, coletivas e socialmente

construídas (critério 3), que é imersa em uma rede complexa de contextos, domínios, escalas e conhecimentos (critério 2) e que só pode ser compreendida adequadamente pela mobilização e diálogo entre diferentes disciplinas escolares e pelo estudo de vários objetos de conhecimento (critério 1).

Se esse episódio fosse estudado pelo prisma do modelo tradicional transmissivo-repetitivo do Ensino de Ciências que privilegia a memorização, a repetição, a resolução padronizada de exercícios, o ensino a-histórico, a descontextualização e a fragmentação (GOODAY et al., 2008; CHINELLI; FERREIRA; AGUIAR, 2010), com certeza ele seria reduzido à memorização e classificação das reações químicas envolvidas. Talvez nem fosse considerado pertinente como um objeto de estudo, mas suas reações poderiam ser utilizadas nas clássicas aulas de classificação e balanceamento de equações químicas. Ou então, poderia ser reduzido a alguma história anedótica tratando dos grandes "gênios" Leblanc e Solvay que descobriram como sintetizar "um dos mais importantes materiais inorgânicos para a indústria química da história".

Estudar o episódio sob essa concepção seria extremamente prejudicial para a almejada formação crítica dos estudantes, já que estimularia uma visão distorcida do funcionamento da atividade científica na sociedade. Isso poderia levar os estudantes e as estudantes a pensarem que as ciências dão acesso a verdades absolutas a respeito do mundo, que o conhecimento científico é uma atividade neutra, desligada de fatores sócio-históricos e econômicos e que produz conhecimento livre de valores (HODSON, 1985). Adicionamos ainda o fato de que esse tipo de ensino prejudicaria o estudante e a estudante a adquirir uma visão mais global e complexa das ciências, pouco entendendo suas interrelações com seus diversos contextos e outros conhecimentos científicos. A falta de diálogo entre as disciplinas escolares, além do isolamento e controle dos sujeitos, parece, também, esconder os problemas sociais em que os conhecimentos científicos estão inseridos.

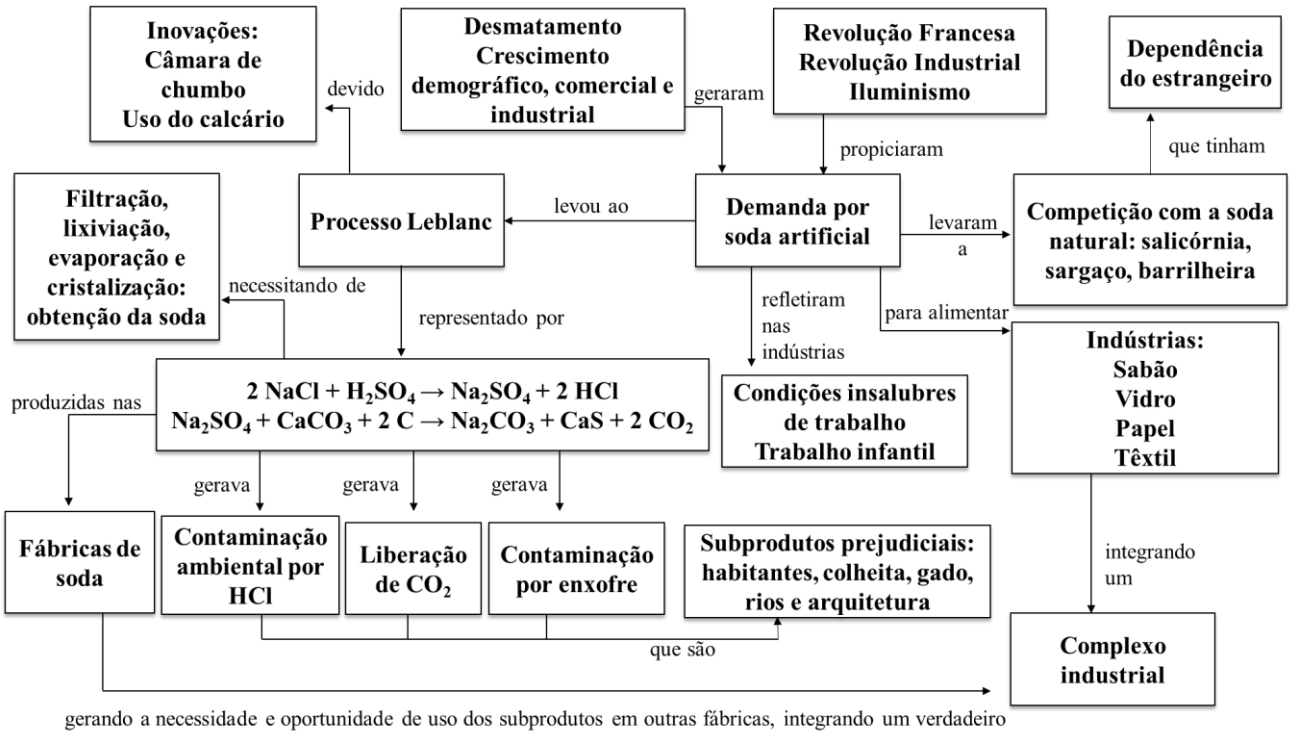
Mesmo que esteja inserido dentro dos livros e artigos destinados à História da Química, entendemos que o episódio da fabricação de soda não deve ser reduzido à compreensão de suas reações químicas e uma pequena maquiagem histórica contendo datas e nomes de cientistas. A ascensão dos processos Leblanc e Solvay inserem-se em um contexto muito rico de conhecimento sobre as ciências. Conhecimentos científicos sobre os minerais, os vegetais, sobre processos físicos e químicos, sobre o preparo e purificação de substâncias químicas, sobre o invento de máquinas e seu funcionamento e as linguagens matemáticas que

faziam parte de tudo isso. Esse era o conhecimento global que se tinha na época, onde tudo acontecia e se conectava.

Defendemos então que o processo da fabricação da soda é mais que a compreensão de reações químicas. Refere-se também às técnicas, às inovações tecnológicas, ao contexto histórico, aos motores sociais, políticos e econômicos da época. Entender o episódio sob essa concepção seria facilitado pelo diálogo entre as disciplinas escolares, viajando na direção de um currículo interdisciplinar.

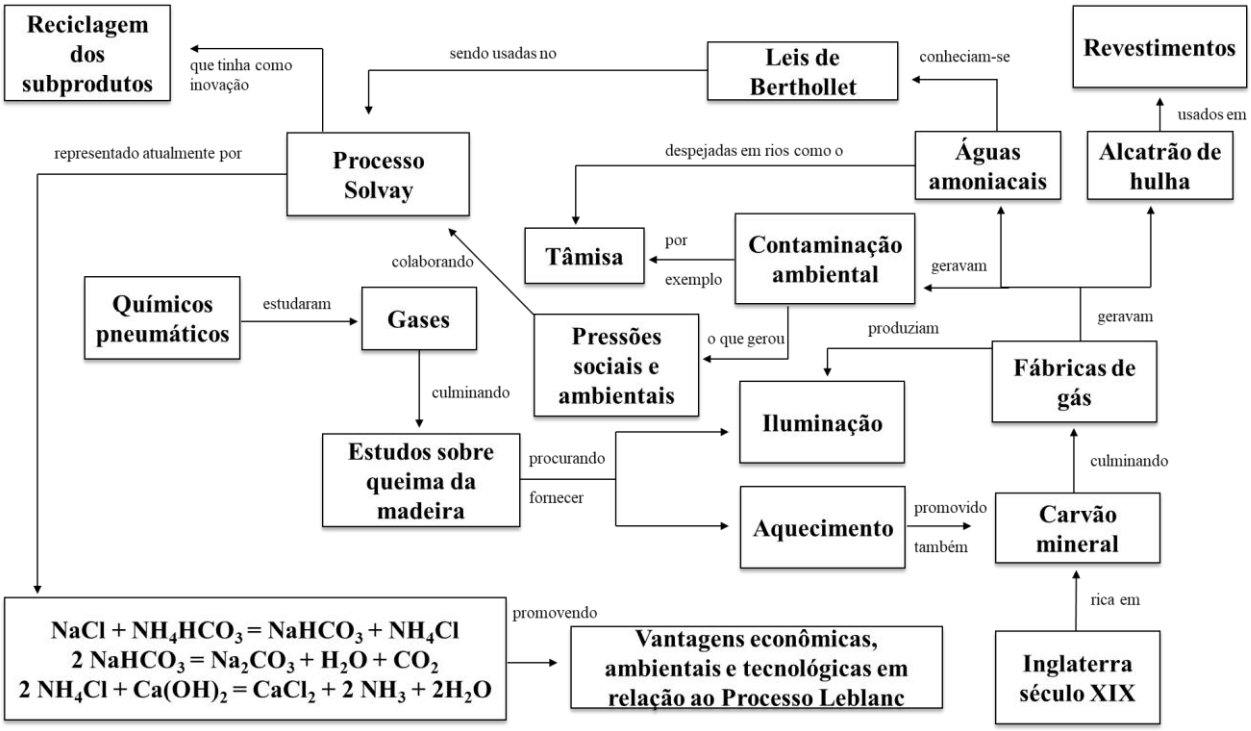
As Figuras 38 e 39 apresentam como a demanda por soda e os processos Leblanc e Solvay se relacionam com seus diversos contextos. Acreditamos que, para o ensino escolar, esse episódio tem potencial para apresentar o processo científico e tecnológico como um empreendimento coletivo, fomentar uma melhor compreensão da realidade, apresentando as ciências com uma imagem mais global e complexa, e apresentar o conhecimento científico e tecnológico conectado com seus diversos domínios, como o físico, químico, biológico, geológico, histórico, político, econômico, cultural e social. Dessa forma, a interdisciplinaridade poderia ser promovida através do estudo histórico do episódio e a História das Ciências se enriqueceria de um tratamento interdisciplinar, já que o diálogo entre as disciplinas parece permitir uma melhor compreensão acerca do episódio.

Figura 38 – As relações do processo Leblanc com seus diversos contextos



Fonte: elaboração própria

Figura 39 – As relações do processo Solvay com seus diversos contextos



Fonte: elaboração própria

Após essas considerações, resumimos no Quadro 4, o que acreditamos que poderia ser estudado através do episódio histórico. O que apresentamos são sugestões de objetos de conhecimento de várias disciplinas que poderiam emergir do estudo do episódio. Não pretendemos esgotar todas as possibilidades, mas apresentar como um dado episódio histórico, devido a sua complexidade, pode contribuir para construir, selecionar e socializar de diversas formas o conhecimento escolar de forma menos fragmentada. Como já comentado, não é objetivo deste trabalho apresentar propostas prontas para a sala de aula, mas sim, refletir sobre as potencialidades da História das Ciências para um ensino interdisciplinar através de episódios históricos como fios condutores, oferecendo subsídios, mas não engessando o trabalho do professor ou da professora.

Destacamos, ainda, os aspectos sobre as ciências que podem ser trabalhados, que não constituem objeto de conhecimento de uma disciplina específica, mas são importantes de serem trabalhados no contexto escolar, com objetivo último da formação de cidadãos críticos e conscientes. Há a oportunidade de apresentar as ciências como atividades humanas e socialmente construídas e de que há uma íntima relação entre o meio científico e a sociedade, a política, a economia e a cultura. Vimos que o episódio conta com potencial para apresentar as ciências como um empreendimento coletivo, que não é feita por gênios solitários

desconectados da realidade e está intimamente relacionada com aspectos tecnológicos e sociais podendo promover estudos relacionados às temáticas CTSA e Educação Ambiental.

Por fim, destacamos que todas essas discussões que podem emergir através do estudo do episódio ultrapassam as barreiras tradicionais disciplinares. Portanto, acreditamos que o trabalho com esse, e outros episódios históricos, constitui uma excelente possibilidade de concretizar a interdisciplinaridade no ensino escolar, permitindo maior diálogo entre as disciplinas escolares com o objetivo de fornecer aos estudantes uma visão mais global da ciência e, portanto, contribuir para sua formação crítica.

Quadro 4 – Conteúdos que poderiam ser selecionados a partir de diferentes disciplinas no caso da fabricação de soda

Componente Curricular	**Conteúdos que poderiam ser selecionados**
Química	Aspectos qualitativos e quantitativos das transformações químicas; métodos de separação e purificação de substâncias nos processos produtivos; química ambiental.
Biologia	Botânica; fisiologia vegetal; biogeografia; preservação da biodiversidade; biodiversidade brasileira.
Física	Fontes e tipos de energia; formas de propagação do calor; história dos combustíveis e das máquinas térmicas; conservação da energia; termodinâmica.
Geologia	Mineralogia: rochas sedimentares e minerais de evaporitos.
História	Emergência do capitalismo; questões do Iluminismo; princípios do liberalismo; Revolução Industrial e seus impactos na produção e circulação de povos, produtos e culturas; Revolução Francesa e seus desdobramentos; Brasil colônia.
Geografia	Transformação das paisagens naturais e antrópicas; produção, circulação e consumo de mercadorias; desigualdade social e trabalho; transformações do espaço na sociedade urbano-industrial na Europa Ocidental; hegemonia europeia na economia, na política e na cultura; cadeias industriais e inovação no uso dos recursos naturais e matérias-primas.
Sociologia	Consequências do progresso para a sociedade: na tecnologia, no trabalho e no meio-ambiente; questões do capitalismo e do liberalismo; democracia liberal; papel do estado na política científica, social e ambiental.
Filosofia	Civilização científica e tecnológica em diferentes contextos; pensamento científico; questões da democracia moderna; empirismo, ciências e tecnologia.
Questões metacientíficas	Reflexões sobre as ciências: papel coletivo, humano, histórico, social e cultural das ciências.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

> *Divide comigo o riso, divide o choro também, divide comigo a vida, enquanto a morte não vem, só não divide o que eu devo porque dinheiro não tem*.
>
> LEVI RAMIRO, VIOLA

No início de nossa pesquisa já reconhecíamos o potencial interdisciplinar escolar de se trabalhar com episódios históricos das ciências no contexto de ensino e aprendizagem de ciências. O processo de pesquisa e o resultado de nossas análises nos revelou nuances que merecem uma reflexão e sistematização final.

Primeiramente, é necessário um entendimento e posicionamento sólido acerca da interdisciplinaridade escolar: concepção teórica e metodológica do termo, ter claros os motivos para implementá-la e os objetivos educacionais a serem alcançados. Essa nos parece ser uma fragilidade da educação brasileira como política nacional. Os documentos norteadores são muito vagos a respeito do termo e procuram apenas organizar o currículo em áreas do conhecimento no lugar das disciplinas, oferecendo, principalmente para o Ensino Médio, um catálogo de competências e habilidades muito genéricas. Ainda, pouco se faz para formar os professores e as professoras para trabalhar com essa perspectiva e menos ainda pelas escolas públicas brasileiras. Não adianta exigir interdisciplinaridade sem investimento estrutural e pedagógico.

Isso posto, julgamos que a interdisciplinaridade escolar pode ser enriquecida através dos referenciais do discurso, da pedagogia crítica do lugar/ambiente, da dialética interescalar e dos múltiplos domínios da sustentabilidade.

O estudo das escalas nos mostra que um conhecimento científico inserido no contexto mais particular não deixa de ter relações com acontecimentos muito mais amplos. Esse estudo ‘glocal’ é de extrema importância para um entendimento mais rico, crítico e reflexivo dos processos naturais e sociais do planeta pelos estudantes e pelas estudantes. Essa viagem interescalar, ao nosso ver, permite a integração de conhecimentos de diferentes disciplinas escolares, já que múltiplos fatores influenciam a dialética entre local e global.

A pedagogia crítica do lugar/ambiente reforça a necessidade da totalidade na compreensão da realidade. Não há problema em delimitar um objeto estudo, desde que as múltiplas relações que o constituem não sejam deixadas de lado. É na dialética entre o olhar disciplinar e o interdisciplinar que precisamos conceber as escolas como produtoras de

conhecimento no diálogo entre os conhecimentos científicos e cotidianos. Além disso, evidencia-se a necessidade da criticidade e da emancipação dos sujeitos escolares para atuarem em sua vida pública.

Dos referenciais da sustentabilidade, vimos emergir a ideia de múltiplos domínios para análise de atividades interdisciplinares. Consideramos essa uma ferramenta teórico-analítica poderosa para analisar e construir abordagens interdisciplinares no ensino, detalhando as pequenas partes de uma pirâmide, mas sem deixar de olhá-la como um todo.

Já a partir dos referenciais do discurso, manifesta-se a ideia de diálogo. Entendemos que na interdisciplinaridade as disciplinas não devem somente interagir nem se comunicar de forma autoritária, mas dialogar, colaborando e considerando suas diferentes vozes para entender uma dada situação que seria improvável sem a construção dessa interface.

Em segundo lugar, para a promoção do nosso entendimento de interdisciplinaridade a partir de episódios históricos das ciências, percebemos que a concepção de História e historiografia das Ciências deve estar alinhada com esse entendimento. Assim, acreditamos que uma História Social e Cultural das Ciências, próxima dos entendimentos dos *science studies*, tem potencial de promover, no ensino, o potencial interdisciplinar que procuramos. Isso porque essa vertente procura contextualizar os aspectos internos e externos das ciências em um determinado contexto local e temporal. Entendemos que esses contextos explorados em uma situação de ensino podem permitir e necessitar do diálogo entre diferentes disciplinas escolares.

Ademais, essa vertente propicia compreender as ciências como produtos da história, imbricadas em um meio social e cultural, se afastando de visões essencialistas das ciências que concebem um suposto método científico infalível e universal, sem historicidade e sem conexão com as culturas humanas.

Além disso, historiografias mais atualizadas e contemporâneas, alinhadas à essa perspectiva, devem ser selecionadas para potencializar o estudo interdisciplinar. Uma historiografia focada mais no desenvolvimento conceitual das ciências não permitiria muitos diálogos interdisciplinares. Uma historiografia mais tradicional, que trata dos grandes gênios e momentos fundadores, também não forneceria o potencial interdisciplinar que procuramos, ou ofereceria uma visão empobrecida da interdisciplinaridade.

Dificilmente professores e professoras fariam suas próprias pesquisas históricas, principalmente se as fontes primárias estiverem em língua estrangeira ou se os documentos

forem muito antigos. Possivelmente, na ausência de propostas históricas em revistas dedicadas ao ensino, tais professores procurariam inspirações em fontes secundárias. Entendemos que há um cuidado a ser realizado, já que nem sempre historiadores das ciências escrevem sobre História das Ciências e, quando escrevem, os textos podem ser de difícil compreensão ou fora da realidade escolar. Outros perigos podem aparecer, como no trecho 5 que extraímos de nossas fontes que aqui replicamos:

> **Trecho 5**
>
> No entanto, foi a Revolução Industrial, iniciada por volta de 1760, que resultou no estabelecimento de uma indústria química de pleno direito. O estabelecimento de um grande número de fábricas têxteis criou uma demanda por uma série de produtos químicos usados no processamento de fibra em tecido acabado. Esses incluem álcalis, ácidos, agentes de branqueamento, cáusticos e corantes (HUDSON, 1992, p. 247, tradução nossa).

John Hudson procura relacionar o aparecimento das indústrias químicas ao momento fundador da Revolução Industrial. Porém, vimos que a situação foi mais complexa, exigindo outros contextos. Aliás, o autor dedica apenas alguns parágrafos de seu livro ao episódio da soda, o que leva a simplificações e impede uma contextualização mais profunda e um estudo minucioso do caso.

A principal fonte secundária que tratou do processo Leblanc em língua inglesa foi o artigo de Charles Coulston Gillispie (1918-2015) intitulado *The Discovery of the Leblanc process* (1957a). Gillispie foi um importante historiador das ciências e realizou sua pesquisa na França, a partir de fontes primárias. Apesar disso, seu estudo data de muito antes do aparecimento da corrente de pensamento dos *science studies*, o que limita, dado nosso entendimento, seu potencial como fonte secundária para inspirar um trabalho interdisciplinar na escola e uma visão contemporânea das ciências. Mesmo assim, se utilizado com cuidado, trabalhos como esse podem contribuir para a construção de narrativas de qualidade para o Ensino de Ciências.

A maioria dos outros artigos citados nos trechos destacados ao longo do capítulo 5 são mais recentes e de trabalhos realizados por historiadores profissionais que têm se dedicado a estudos da química do século XVIII, como Christine Lehman, a estudos do meio-ambiente e da poluição industrial nos séculos XVIII e XIX, como Thomas Le Roux, e estudos das indústrias químicas dos séculos XIX e XX, como Ernst Homburg. São historiadores contemporâneos que realizam estudos numa vertente social e cultural das ciências. Apesar disso, não trataram especificamente sobre o episódio da fabricação de soda.

Acreditamos que a historiografia de Bernadette Bensaude-Vincent e Isabelle Stengers, escolhida como base para a discussão do episódio, é bastante adequada e com potencial para se discutir ciências e interdisciplinaridade. Apesar disso, as autoras trataram do episódio da fabricação de soda no contexto de um livro de História da Química, o que limita um tratamento mais detalhado e minucioso do caso. Além disso, o livro já tem 30 anos.

Nesse caso, consideramos o uso de fontes primárias com maior potencial para atingir os objetivos interdisciplinares. Poderíamos, a partir delas, por exemplo, entender com mais detalhes como se compreendia a extração dos álcalis das plantas no século XVIII e sua circulação comercial, além de muitos outros contextos que permearam o estudo do episódio.

As fontes primárias são importantes, mas muitas vezes pouco acessíveis. Dessa forma, considerando as precauções discutidas, principalmente com relação a anacronismos e um modelo historiográfico internalista e continuísta, julgamos que as fontes secundárias, próximas de uma historiografia mais contextualizada e contemporânea, têm potencial para contribuir com um ensino interdisciplinar. Concordamos, então, com quem defende uma maior aproximação entre História e historiografia das Ciências na formação de professores para que os docentes tenham maiores condições de lidar com essas fontes e um maior diálogo entre historiadores, pesquisadores e professores de ciências na construção de mais propostas interdisciplinares que possam subsidiar o contexto escolar.

Além do mais, nossa pesquisa estudou um caso isolado. Dependendo do recorte do historiador, do pesquisador ou do professor, o episódio histórico não necessariamente promoveria a interdisciplinaridade. Tudo depende dos objetivos educacionais e dos contextos envolvidos. O que defendemos é o *potencial* de se trabalhar com a História das Ciências em um contexto interdisciplinar.

Ainda, para se constituir uma proposta de ensino adequada, as ideias de História das Ciências, ciências e historiografia devem estar alinhadas a uma ideia pedagógica. Acreditamos que a perspectiva socioconstrutivista seria ideal para se alinhar aos entendimentos de interdisciplinaridade e História das Ciências que estamos propondo, principalmente para formar estudantes que construam um entendimento rico, reflexivo e crítico das ciências e de seu papel na sociedade.

Na análise do nosso estudo de caso, o episódio da fabricação da soda na Europa dos séculos XVIII e XIX, percebemos as potencialidades interdisciplinares a partir da História das Ciências, considerando todos os entendimentos aqui já expostos. Para revelar-se essas

potencialidades, necessariamente usamos as ideias de dialética interescalar macro/micro e local/global, partindo do mundo do século XVIII, adentrando as fábricas de soda e depois olhando seu entorno novamente. Usamos também a ideia de múltiplos domínios, construindo os detalhes mais particulares dos domínios social, econômico, ambiental e científico, sem perder as relações com o todo.

Observamos que o episódio tem potencial para se trabalhar conhecimentos de diferentes disciplinas escolares e seus contextos, assim como assuntos metacientíficos, como reflexões importantes sobre as ciências. Ao nosso ver, o episódio funciona como um tema gerador de abordagem interdisciplinar.

Resumimos em uma lista os potenciais do episódio que concluímos a partir daquilo que os resultados revelaram:

- Permitir compreender objetos de estudo de diferentes disciplinas escolares, como da geologia, biologia, física, química, história, geografia, sociologia e filosofia;
- Permitir conhecer aspectos filosóficos e históricos da química do século XVIII;
- Permitir entender as ciências como históricas, humanas, coletivas e socialmente construídas;
- Permitir tecer relações entre Ciências, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA);
- Permitir a promoção da Educação Ambiental;
- Permitir conhecer os contextos sociais, econômicos e ambientais da produção de conhecimentos científicos e tecnológicos em seus contextos.

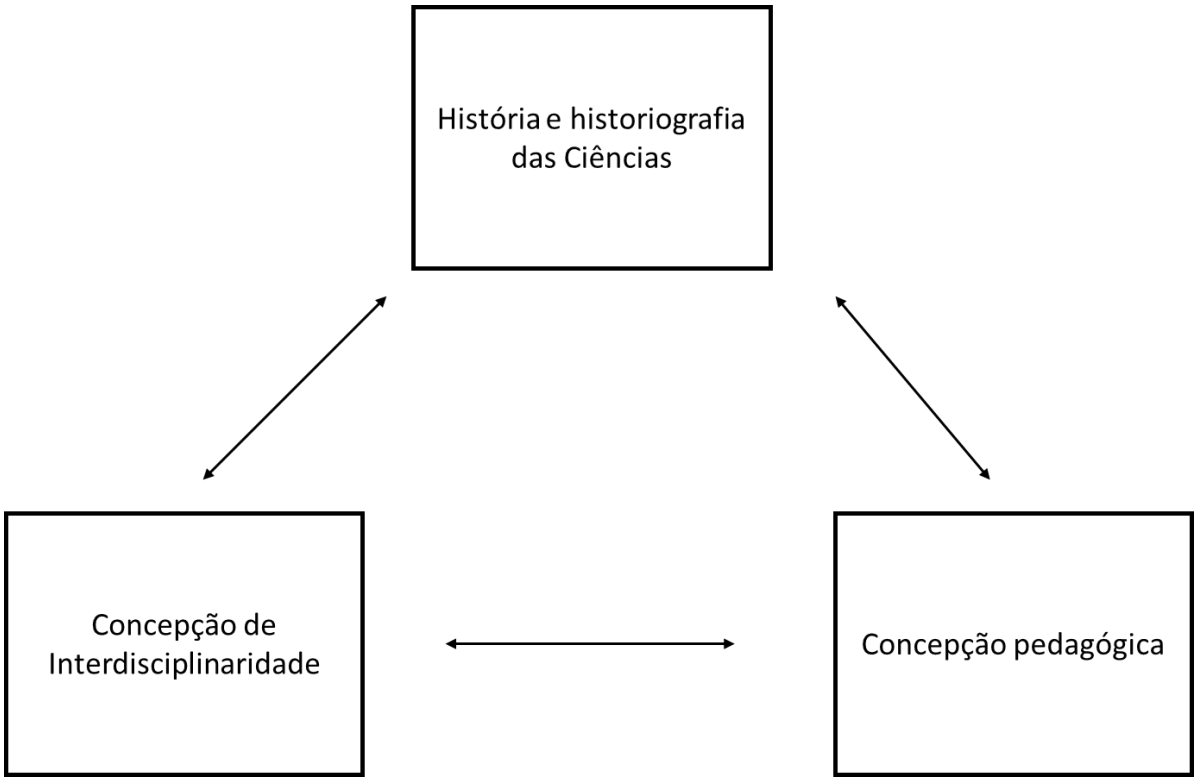
Também não deixamos de perceber fragilidades do trabalho com o episódio que resumimos a seguir na perspectiva de explicitar o que ele não favorece que seja trabalhado:

- Apesar da soda e de seus subprodutos fazerem parte da realidade brasileira, em relação à vegetação tratada, os contextos estão longe da realidade brasileira;
- Ausência de mulheres no episódio, impedindo a visibilidade a mulheres cientistas e o trabalho com a temática gênero;
- Ausência de discussões decoloniais, imprescindíveis no contexto escolar público brasileiro;
- Assunto mais centrado nas discussões químicas, possivelmente impedindo horizontalidade no diálogo entre as disciplinas;
- Ausência aparente de discussões matemáticas, de linguagens e artísticas;

- Ausência da participação de professores e estudantes na pesquisa, impedindo o estudo em um contexto escolar específico, o que poderia ajudar a verificar possíveis dificuldades e potencialidades do trabalho interdisciplinar a partir da História das Ciências em uma condição de ensino ou na formação de professores.

Sendo assim, a partir das nossas discussões teóricas sobre interdisciplinaridade e História das Ciências e dos resultados da análise de nosso episódio histórico, concluímos que as ideias de interdisciplinaridade, História das Ciências e pedagogia devem estar intimamente alinhadas para a construção de uma proposta interdisciplinar que faça sentido no ensino.

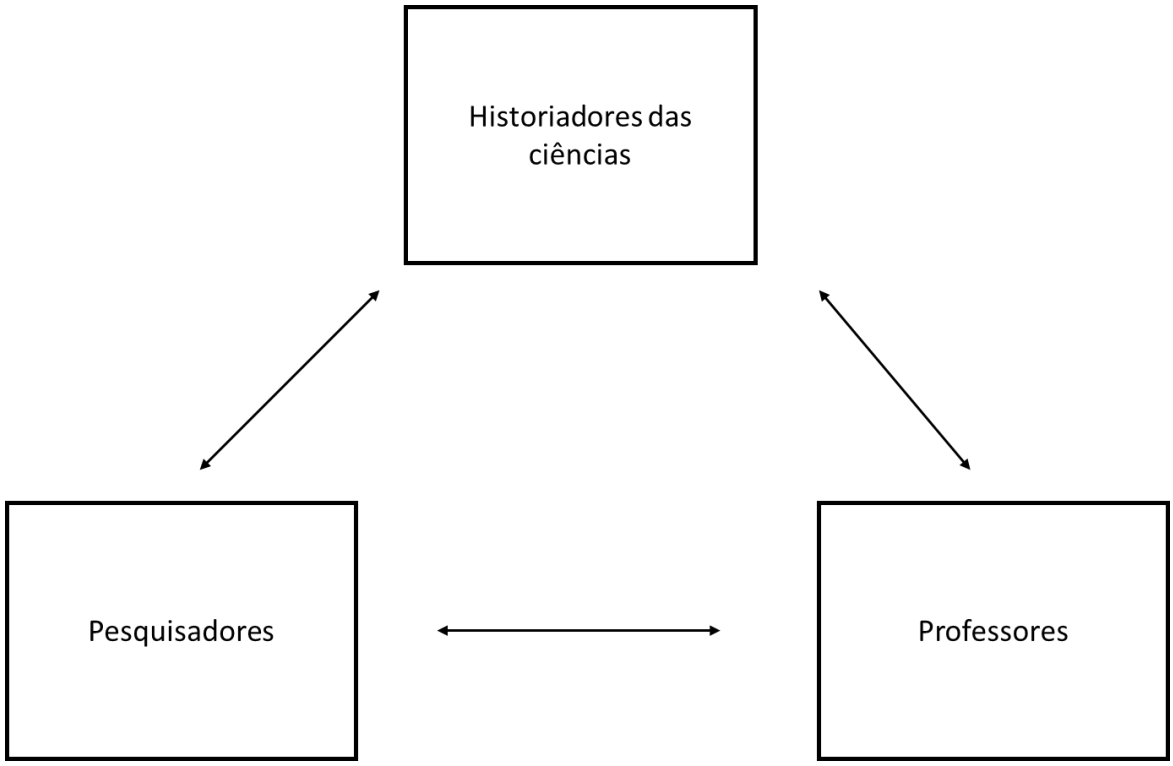
Figura 40 – Alinhamento entre História das Ciências, historiografia, interdisciplinaridade e pedagogia para a promoção de uma proposta interdisciplinar em contexto escolar



Fonte: elaboração própria

Também consideramos, como Holton (2003) já deixava claro há 20 anos, que a parceria entre historiadores das ciências, pesquisadores da área de educação e ensino e professores e professoras é extremamente necessária para a construção das propostas interdisciplinares que almejamos.

Figura 41 – Parceria necessária para a construção de propostas pedagógicas interdisciplinares a partir de casos históricos das ciências no Ensino de Ciências



Fonte: elaboração própria

Por fim, recomendamos pesquisas futuras que poderiam ser realizadas e que têm relação com nosso estudo:

- Estudo dos discursos de interdisciplinaridade e História das Ciências a partir dos novos documentos oficiais da educação brasileira, como a BNCC, a BNC-formação, o Novo Ensino Médio, os novos editais do PNLD, os currículos estaduais etc.;
- Propostas interdisciplinares a partir da História das Ciências para o contexto escolar, principalmente usando contextos brasileiros a partir de temáticas como cana-de-açúcar, dendê, extração da borracha, café, ouro, pau-brasil, algodão, plantas medicinais, entre outras;
- Análise das potencialidades de estudos como desta pesquisa realizadas em contexto escolar, analisando as potencialidades e dificuldades da História das Ciências de combater a fragmentação dos currículos desde o planejamento até a implementação em sala de aula;

- Análise dos conhecimentos profissionais docentes ou dos saberes docentes mobilizados em práticas interdisciplinares em contextos de formação inicial, continuada ou em contexto de ensino.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADÚRIZ-BRAVO, A. Teaching the nature of science with scientific narratives. *Interchange*, v. 45, p. 167-184, 2015.

ALFONSIN, B. de M. Da Escala Local à Escala Global: Tendências Hegemônicas de Privatização do Espaço Público e Resistências Contra-Hegemônicas em Porto Alegre. *Revista da Faculdade de Direito UniRitter*, n. 11, p. 79-100, 2010.

ALFONSO-GOLDFARB, A. M. Como se daria a construção de áreas interface do saber? *Kairós*, v. 6, n. 1, p. 55–66, 2003.

ALLCHIN, D. Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. *Science Education*, v. 95, n. 3, p. 518-542, 2011.

ALLCHIN, D. *Teaching the nature of Science*: Perspectives and resources. SHiPS Education Press, 2013.

ALVES-BRITO, A.; ALHO, K. R. Educação para as relações étnico-raciais: um ensaio sobre alteridades subalternizadas nas ciências físicas. *Ensaio*: *Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 24, p. 1-18, 2022.

ALVES-BRITO, A.; MACEDO, J. R. A história da ciência e a educação científica pelas perspectivas ameríndia e amefricana. *Revista Brasileira de História da Ciência*, v. 15, n. 2, p. 400-417, 2022.

APPLE, M. W. *Ideologia e currículo*. Penso, 2006.

ARÓSTEGUI, J. *A Pesquisa Histórica: teoria e método*. Bauru: Edusc, 2006.

ASSIS, S. S.; ARAUJO-JORGE, T. C. O que dizem as propostas curriculares do Brasil sobre o tema saúde e as doenças negligenciadas?: aportes para a educação em saúde no ensino de ciências. *Ciência & Educação*, v. 24, n. 1, p. 125-140, 2018.

AUGUSTO, T. G. S.; CALDEIRA, A. M. A. Dificuldades para a implantação de práticas interdisciplinares em escolas estaduais, apontadas por professores da área de Ciências da natureza. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 12, n. 1, p. 139-154, 2007.

AUGUSTO, T. G. S.; CALDEIRA, A. M. A.; CALUZI, J. J.; NARDI, R. Interdisciplinaridade: concepções de professores da área ciências da natureza em formação em serviço. *Ciência & Educação*, v. 10, n. 2, p. 277-289, 2004.

BALL, S. J. *Education reform*: a critical and post-structural approach. Buckinghan: Open University, 1994.

BALL, S. J. Big policies/small world: an introduction to international perspectives in education policy. *Comparative Education*, Oxford, v. 34, n. 2, p. 119-30, 1998.

BARBIÉRI, C.; FRANCOY, T. M. Modelo teórico para análise interdisciplinar de atividades humanas: A meliponicultura como atividade promotora da sustentabilidade. *Ambiente & Sociedade*, v. 23, 2020.

BATISTA, I.; LAVAQUI, V.; SALVI, R. F. Interdisciplinaridade escolar no ensino médio por meio de trabalho com projetos pedagógicos. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 12, n. 2, p. 209-239, 2008.

BENSAUDE-VINCENT, B. Interdisciplinarité ou mélange des genres en histoire des sciences? *Cahiers François Viète*, v. 3, n. 9, 2022.

BENSAUDE-VINCENT, B. Teaching Chemistry in the French Revolution: Pedagogy, Materials and Politics. In: ROBERTS, L. L.; WERRET, S. (eds.) *Compound Histories*: Materials, Governance and Production, 1760-1840. Brill, 2018.

BENSAUDE-VINCENT, B.; MOCELLIN, R. C. Filosofia da química e dos materiais: entrevista com Bernadette Bensaude-Vincent. *Em construção*, n. 10, p. 363-371, 2021.

BENSAUDE-VINCENT, B.; STENGERS, I. *História da Química*. Lisboa: Instituto Piaget, 1996.

BERNSTEIN, B. *A estruturação do discurso pedagógico*. Petrópolis: Vozes, 1996.

BERNSTEIN, B. *Pedagogía, control simbólico e identidad*. Madrid: Morata, 1998.

BLOOR, D. *Conhecimento e imaginário social*. São Paulo: Editora UNESP, 2009.

BOIX MANSILLA, V.; MILLER, W.; GARDNER, H. On disciplinary lenses and interdisciplinary work. In S. S. WINEBURG; P. GROSSMAN (Eds.), *Interdisciplinary curriculum*: Challenges to implementation (pp. 17‑38). Teachers College Press, 2000.

BRANDÃO, C. R. *O que é educação*. Editora Brasiliense, 1995.

BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular*. Secretaria de Educação Básica. Brasília: MEC/SEB, 2018.

BRASIL. *Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica*. Brasília: MEC, 2010.

BRASIL. *Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio*. Brasília: MEC, 2012.

BRASIL. *Diretrizes curriculares nacionais para a formação de professores da educação básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena*. Brasília: MEC, 2002.

BRASIL. *Diretrizes curriculares nacionais para a formação inicial em nível superior (cursos de licenciatura, cursos de formação pedagógica para graduados e cursos de segunda licenciatura) e para a formação continuada*. Brasília: MEC, 2015.

BRASIL. Lei n° 13.415 de 16 de fevereiro de 2017. Altera as Leis n º 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, e 11.494, de 20

de junho 2007, que regulamenta o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação, a Consolidação das Leis do Trabalho - CLT, aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, e o Decreto-Lei nº 236, de 28 de fevereiro de 1967; revoga a Lei nº 11.161, de 5 de agosto de 2005; e institui a Política de Fomento à Implementação de Escolas de Ensino Médio em Tempo Integral. *Portal da Legislação*, Brasília, 16 fev. 2017.

BRASIL. *Orientações curriculares para o ensino médio:* Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, v. 2. Secretaria de Educação Básica. Brasília: MEC/SEB, 2006.

BRASIL. *Parâmetros curriculares nacionais*: Ciências Naturais. Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC/SEF, 1998.

BRASIL. *Parâmetros curriculares nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Brasília: MEC/SEMTEC, 2000a.

BRASIL. *Parâmetros curriculares nacionais: Ciências Humanas e suas Tecnologias*. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Brasília: MEC/SEMTEC, 2000b.

BRASIL. Resolução CNE/CP nº 2, de 20 de dezembro de 2019. Define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial de Professores para a Educação Básica e institui a Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica (BNC-Formação). *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, p. 46-49, 15 abr. 2020.

CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; JORGE, M. Da educação em ciência às orientações para o ensino das ciências: um repensar epistemológico. *Ciência & Educação*, v. 10, n. 3, p. 363-381, 2004.

CALADO, H. C.; PETRUCCI-ROSA, M. I. Formação de professores de Física e interdisciplinaridade: episódios de refração de políticas em narrativas de reforma curricular. *Ciência & Educação*, v. 25, n. 2, p. 523-539, 2019.

CAMARGO, S. *Discursos presentes em um processo de reestruturação curricular de um curso de licenciatura em física*: o legal, o real, e o possível. 2007. 287 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2007.

CARDOSO, D.; GURGEL, I. Por uma educação científica que problematize a mídia. *Revista Linhas Críticas*, v. 25, p. 74-93, 2019.

CARDOSO, E.; BARCELLOS, M.; GUERRA, A. O episódio copernicano revisitado pela via das práticas científicas e a utilização do Dispositivo de Tusi. *Revista Brasileira de História da Ciência*, v. 14, n. 1, p. 66-78, 2021.

CHINELLI, M. V.; FERREIRA, M. V. S.; AGUIAR, L. E. V. Epistemologia em sala de aula: a natureza da ciência e da atividade científica na prática profissional de professores de ciências. *Ciência & Educação*, v. 16, n. 1, p. 75-35, 2010.

CLOW, A.; CLOW, N. L. The natural and economic history of kelp. *Annals of Science*, v. 5, n. 4, p. 297-316, 1947.

COELHO, F. T.; TEIXEIRA, M. C.; SÁNCHEZ, D. S.; SANTOS, F. N. O Desafio da Educação Ambiental Crítica na Educação e no Trabalho do Campo. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 21, p. 1-28, 2021.

COMPIANI, M. O lugar e as escalas e suas dimensões horizontal e vertical nos trabalhos práticos: implicações para o Ensino de Ciências e Educação Ambiental. *Ciência & Educação*, v. 13, n. 1, p. 29-45, 2007.

COMPIANI, M.; ZIMMERMANN, N.; BRIGUENTI, E. C. *Pedagogia do lugar/ambiente, interdisciplinaridade e contextualização em sala de aula*. Curitiba: Editora CRV, 2020.

CONDÉ, M. L. L. *Um papel para a história*: o problema da historicidade da ciência. Curitiba: Ed. UFPR, 2017.

COUTINHO, F. A.; RODRIGUES E SILVA, F. A; FRANCO, L. G.; VIANA, G. M. *Tendências de pesquisas para a Educação em Ciências*. São Paulo: Editora na Raiz, 2022.

DALMASO, A. C.; NEUSCHARANK, A. Estudos culturais na formação de professores/as: problematizando a pedagogia a partir de desenhos animados. *Nuances*, v. 30, n. 1, p. 236-247, 2019.

DE JOUY, E. *L'ermite en Province*. Lulu.com, 2011.

DIAS, T. L. S.; ARTEAGA, J. M. S. História das ciências e relações étnico-raciais no ensino de evolução humana: aportes para uma educação antirracista. *Revista Brasileira de História da Ciência,* v. 15, n. 2, p. 418-436, 2022.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E.; SCOTT, P. Construindo conhecimento científico na sala de aula. *Química Nova na Escola*, n. 9, p. 31-40, 1999.

EDLER, F. C. A História das Ciências e seus públicos. *Revista Maracanan*, n. 13, p. 23-33, 2015.

ERNESTO, M.; CORDANI, U. G.; CARNEIRO, C. D. R.; DIAS, M. A. F. S.; MENDONÇA, C. A.; BRAGA, E. de S. Perspectivas do ensino de Geociências. *Estudos Avançados*, v. 32, n. 94, p. 331-343, 2018.

FERNANDES, F.; LORENZETTI, L. A educação para sexualidade e seus aspectos científicos e socioculturais: uma abordagem nos anos iniciais. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 26, n. 2, p. 254-270, 2021.

FILIPE, F. A.; SILVA, D. S.; COSTA, A. C. Uma base comum na escola: análise do projeto educativo da Base Nacional Comum Curricular. *Ensaio: aval. pol. públ. Educ*, v. 29, n. 112, p. 1-21, 2021.

FLECK, L. *Gênese e desenvolvimento de um fato científico*. Fabrefactum, 2010.

FORATO, T. C. de M.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. de A. Historiografia e Natureza da Ciência na sala de aula. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 28, n. 1, p. 27-59, 2011.

FRODEMAN, R. *Sustainable knowledge*: A theory of interdisciplinarity. Palgrave Pivot, 2014.

GANDOLFI, H. E. *A natureza da química em fontes históricas do Brasil colonial (1748 1855):* contribuições da história da exploração mineral para o ensino de química. 2015. Dissertação. (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

GANDOLFI, H. E.; ARAGÃO, T. Z. B.; FIGUEIRÔA, S. F. de M. Os Alambiques no Brasil Colônia: Uma Proposta de Abordagem Histórica e Social no Ensino de Ciências. *Química Nova na Escola*, v. 38, n. 3, p. 215-223, 2016.

GANDOLFI, H. E.; FIGUEIRÔA, S. F. de M. A História da Ciência e o Ensino Interdisciplinar: uma revisão de propostas e contribuições. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9., 2013, Águas de Lindóia. *Anais*... Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2013.

GANDOLFI, H. E.; FIGUEIRÔA, S. F. de M. As nitreiras no Brasil dos séculos XVIII e XIX: uma abordagem histórica no ensino de ciências. *Revista Brasileira de História da Ciência*, v. 7, n. 2, p. 279-297, 2014.

GAVROGLU, K. *O passado das Ciências como História*. Porto Editora, 2007.

GIL-PÉREZ, D.; FERNANDEZ, I. M.; CARRASCOSA, J. A.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

GILBERT, J. K.; TREAGUST, D. *Multiple representations in chemical education*. Springer: 2009.

GILLISPIE, C. C. The Discovery of the Leblanc Process. *Isis*, v. 48, n. 2, p. 152-170, 1957a.

GILLISPIE, C. C. The Natural History of Industry. *Isis*, v. 48, n. 4, p. 398-407, 1957b.

GOMES, R. V.; LORENZETTI, L.; AIRES, J. A. Descolonizando a educação científica: reflexões e estratégias para a utilização da história da ciência e ciência, tecnologia e sociedade em uma abordagem decolonial. *Revista Brasileira de História da Ciência*, v. 15, n. 2, p. 437-450, 2022.

GOODAY, G.; LYNCH, J. M.; WILSON, K. G.; BARSKY, C. K. Does science education need the history of science? *Isis*, v. 99, p. 322-330, 2008.

GOODSON, I. F. *Currículo:* teoria e história. Petrópolis: Vozes, 2013.

GOODSON, I. *School subjects and curriculum change*: case studies in curriculum history. London: Croom Helm, 1983.

GOODSON, I. School subjects: patterns of change. In: GOODSON, I.; MARSH, C. J. *Studying school subjects*: a guide. London: Falmer Press, 1996. p. 131-147.

GRESPAN, J. *Revolução Francesa e Iluminismo*. São Paulo: Contexto, 2003.

GUERRA, A.; MOURA, C. B. História da Ciência no ensino em uma perspectiva cultural: revisitando alguns princípios a partir de olhares do sul global. *Ciência & Educação*, v. 28, p. 1-20, 2022.

GUERRERO, G. R.; REISS, M. J. Science outside the classroom: exploring opportunities from interdisciplinarity and research–practice partnerships, *International Journal of Science Education*, v. 42, n. 9, p. 1522-1543, 2020.

HENDGES, A. P. B.; SANTOS, R. A. Relações Entre Gênero e Ciência-Tecnologia no Ensino de Ciências Brasileiro: O que Dizem as Pesquisas? *Revista Brasileira de Pesquisas em Educação em Ciências*, v. 23, p. 1-25, 2023.

HOBSBAWM, E. J. *A era das revoluções*: 1789 – 1848. São Paulo: Paz e Terra, 2012.

HOBSBAWM, E. J. *Da Revolução Industrial inglesa ao imperialismo*. São Paulo: Forense Universitária, 2011.

HODSON, D. Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education*, n. 12, p. 25-57, 1985.

HODSON, D. Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, v. 36, n. 15, p. 2534-2553, 2014.

HOLTON, G. What historians of science and science educators can do for one another? *Science Education*, v. 12, n. 7, p. 603-616, 2003.

HOMBURG, E. Chemistry and Industry: A Tale of Two Moving Targets. *Isis*, v. 109, n. 3, p. 565-576, 2018.

HUDSON, J. *The History of Chemistry*. Nova York: Macmillan Press, 1992.

IRZIK, G.; NOLA, R. A family resemblance approach to the nature of science for Science education. *Science & Education*, v. 20, p. 591–607, 2011.

JESUS, C. P. F.; ROCHA, S. M. S.; PORTO, P. S. S. A educação CTS/CTSA como facilitador do processo de ensino e aprendizagem. *Kiri-Kerê - Pesquisa em Ensino*, v. 1, n. 12, p. 134-153, 2022.

JOHNSTONE, A. H. Macro- and micro-chemistry. *School Science Review*, v. 64, p. 377–379, 1982.

KATO, D. S.; SANDRON, D. C.; HOFFMANN, M. B. Diálogos Interculturais entre Conhecimentos Tradicionais e Conhecimentos Científicos em uma Comunidade Geraizeira:

um Olhar Freiriano na Licenciatura em Educação do Campo. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 21, p. 1-27, 2021.

KLEIN, J. T. Typologies of interdisciplinarity: The boundary work of definition. In F. Frodeman (Ed.), *The Oxford Handbook of interdisciplinarity* (2nd ed., pp. 21‑34). Oxford University Press, 2017.

KNIGHT, D. B.; LATTUCA, L. R.; KIMBALL, E. W.; REASON, R. D. Understanding interdisciplinarity: Curricular and organizational features of undergraduate interdisciplinary programs. *Innovative Higher Education*, v. 38, n. 2, p. 143‑158, 2013.

LATOUR, B. *Jamais Fomos Modernos*. Editora 34, 2013.

LE ROUX, T. Chemistry and industrial and environmental governance in France, 1770–1830. *History of Science*, v. 54, n. 2, p. 195-222, 2016.

LEAL, K.; FORATO, T. C. M. As garotas do rádio e sua busca por justiça e dignidade: possibilidades de abordagens históricas para o ensino de ciências. *Revista Brasileira de História da Ciência*, v. 14, n. 2, p. 252-275, 2021.

LEFÈBVRE, G. *1789*: o surgimento da Revolução Francesa. São Paulo: Paz e Terra, 2019.

LEHMAN, C. Pierre- Joseph Macquer: Chemistry in the French Enlightenment. *Osiris*, v. 29, p. 245-261, 2014.

LEHMAN, C. Relations between the State and the Chemical Industry in France, 1760-1800: The Case of Ceruse. In: ROBERTS, L. L.; WERRET, S. (eds.) *Compound Histories*: Materials, Governance and Production, 1760-1840. Brill, 2018.

LIMA, G. S.; PAGLIARINI, C. R.; AGUIAR JUNIOR, O. G. Ciência, arte e filosofia: mobilizando discursos no uso educativo do cinema numa atividade não formal. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 26, n. 1, p. 305-323, 2021.

LISBOA, E. A.; BEJARANO, N. R. B. Interdisciplinaridade na formação do professor de física: pesquisas recentes. In: Atas do ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9., 2013, Águas de Lindóia. *Anais...* Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2013.

LOPES, A. R. C. *Currículo e Epistemologia*. Ijuí: Editora Unijuí, 2007.

LOPES, A. R. C. Discursos curriculares na disciplina escolar química. *Ciência & Educação*, v. 11, n. 2, p. 263-278, 2005.

LÖWY, I. Ludwik Fleck e a presente História das Ciências. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, v. 1, n. 1, p. 7-18, 1994.

LUIZ, M. C.; GINEBRO, T. N. Ensino de Ciências e o teatro: representações sociais a respeito das ciências e dos cientistas. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 26, n. 2, p. 196-211, 2021.

LUNA, F. J. *Alographia dos álkalis*... de Frei Conceição Veloso: um manual de química industrial para produção da potassa no Brasil colonial. *Química Nova*, v. 31, n. 8, p. 2214-2220, 2008.

LUNA, F. J. Frei José Mariano da Conceição Veloso e a divulgação de técnicas industriais no Brasil colonial: discussão de alguns conceitos das ciências químicas. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, v. 16, n. 1, p. 145-155, 2009.

MACHADO, M. S.; SIQUEIRA, M. Ensino de Ciências e inclusão: representações sociais de professoras do ensino fundamental II. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 22, p. 1-23, 2020.

MAIA, C. A. *História das Ciências*: uma história de historiadores ausentes. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2013.

MATTOS, C.; HAMBURGER, A. I. História da Ciência, interdisciplinaridade e Ensino de Física: o problema do demônio de Maxwell. *Ciência & Educação*, v. 10, n. 3, p. 477-490, 2004.

McCOMAS, W. F.; CLOUGH, M. P.; NOURI, N. Teaching aspects of the nature of science: a review of the literature with implications for effective NOS instruction. In W. F. McCOMAS (Ed.), *Nature of science in science instruction*. Boston: Springer Academic, 2019.

MEGID NETO, J. Gêneros de trabalho científico e tipos de pesquisa. In: KLEINKE, M. U.; MEGID NETO, J. (orgs.). *Fundamentos de matemática, ciências e informática para os anos iniciais do ensino fundamental*. Campinas: Editora da FE/Unicamp, 2011.

MOCELLIN, R. C. Estilo de raciocínio e capilaridade técnico-cultural na química no século XVIII. *Scientia Studia*, v. 13, n, 4, p. 759-780, 2015.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002.

MOURA, B. A. O que é natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência? *Revista Brasileira de História da Ciência*, v. 7, n. 1, p. 32-46, 2014.

MOURA, C. B.; GUERRA, A. História Cultural da Ciência: Um Caminho Possível para a Discussão sobre as Práticas Científicas no Ensino de Ciências? *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 16, n, 3, p. 725-748, 2016.

MOZENA, E. R.; OSTERMANN, F. Uma revisão bibliográfica sobre a interdisciplinaridade no ensino das ciências da natureza. *Revista Ensaio*, v. 16, n. 2, p. 185-206, 2014.

MULINARI, G. E a história da ciência serve para...? A superação de obstáculos epistemológicos associados ao ensino sobre microrganismos a partir de um episódio da história da ciência. *Revista Brasileira de História da Ciência*, v. 15, n. 2, p. 451-468, 2022.

MURGA-MENOYO, M. Á.; NOVO, M. Sostenibilidad, desarrollo «glocal» y ciudadanía planetaria. Referentes de una Pedagogía para el desarrollo sostenible. Teoría de la Educación. *Revista Interuniversitaria*, v. 29, n. 1, 2017.

NIERMEIER-DOHONEY, J. "Rusticall chymistry": Alchemy, saltpeter projects, and experimental fertilizers in seventeenth-century English agriculture. *History of Science*, v. 60, n. 4, p. 1-29, 2021.

NOURI, N.; McCOMAS, W. F.; APONTE-MARTINEZ, G. J. Instructors' Rationales and Strategies for Teaching History of Science in Preservice Settings. *Science & Education*, v. 28, p. 367-389, 2019.

OESPER, R. E. Nicolas Leblanc (1742-1806). *Journal of Chemical Education*, v. 20, n. 1, p. 11-20, 1943.

OLESKO, K. M. That science has been largely a solitary enterprise. In: NUMBERS, R. L.; KAMPOURAKIS, K. (eds.) *Newton's apple and other myths about science*. Cambridge: Harvard University Press, 2015.

OLIVEIRA, R. S.; KIOURANIS, N. M. M. Análise dos Projetos Pedagógicos dos Cursos de Licenciatura em Química Paranaenses: As Compreensões Tecidas à Luz do Enfoque CTSA. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 20, p. 1001-1030, 2020.

PERON, T. S.; GUERRA, A. Construindo a Caixa-Preta da Dualidade Onda-Partícula de Louis de Broglie em Sala de Aula. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 21, p. 1–30, 2021.

PESTRE, D. Por uma nova História Social e Cultural das Ciências: novas definições, novos objetos, novas abordagens. *Cadernos IG/Unicamp*, v. 6, n. 1, p.3-56, 1996.

PESTRE, D.; ROMERO, M. A nova história das ciências: entrevista com Dominique Pestre. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, v. 23, n. 3, 2016.

PETRUCCI-ROSA, M. I. Experiências interdisciplinares e formação de professore(a)s de disciplinas escolares: imagens de um currículo-diáspora. *Pro-Posições*, v. 18, n. 2, p. 51-65, 2007.

PINHEIRO, B. C. S. Educação em Ciências na Escola Democrática e as Relações Étnico-Raciais. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 19, p. 329-344, 2019.

PINHEIRO DIAS, J.; VANZOLINI, M.; SZTUTMAN, R.; MARRAS, S.; BORBA, M.; SCHAVELZON, S. Uma ciência triste é aquela em que não se dança. Conversações com Isabelle Stengers. *Revista de Antropologia*, v. 59, n. 2, p. 155-186, 2016.

QUINTINO, T. C. de A. *Alice no País das Maravilhas: Interdisciplinaridade, Currículo Integrado e um grupo de professores que mergulhou na toca do coelho*. 2005. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

REILLY, D. Salts, acids and alkalis in the 19th century: a comparison between advances in France, England and Germany. *Isis*, v. 42, n. 4, p. 287-296, 1951.

ROCHA, J. N.; MASSARANI, L.; CASTELFRANCHI, Y.; AMORIM, J. S. Adolescentes, Controvérsias Sociocientíficas e Experiências Museais: a Mediação para Catalisar Diálogos sobre Ciência e Religião. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 22, p. 1-32, 2022.

ROCHA FILHO, J. B.; BASSO, N. R S.; BORGES, R. M. R. Repensando uma proposta interdisciplinar sobre ciência e realidade. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 5, n. 2, p. 323-336, 2006.

ROSA, J. G. *Grande sertão*: veredas. São Paulo: Companhia das letras, 2019.

SANTOS, C. F.; ARRUDA, M. M.; PEREIRA, P. S.; MACHADO, V. M. Epistemologia kuhniana e transformações científicas da homossexualidade. *Revista Brasileira de História da Ciência*, v. 14, n. 1, p. 79-91, 2021.

SANTOS, F. R.; CÂNDIDO, C. R. F. A percepção sobre meio ambiente e Educação Ambiental na prática docente das professoras das escolas municipais rurais de Morrinhos, GO. *Interações*, v. 24, n. 1, p. 175-191, 2023.

SANTOS, W. L. P. Educação Científica Humanística em Uma Perspectiva Freireana: Resgatando a Função do Ensino de CTS. *Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 1, n. 1, p. 109-131, 2008.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Revista Ensaio*, v. 2, n. 2, p. 110-132, 2002.

SANTOS, W. P.; GRABE-GUIMARÃES, A. A glimpse on a Brazilian pharmacology bibliography of the early-twentieth century. *Revista Brasileira de História da Ciência*, v. 12, n. 2, p. 256-269, 2019.

SÃO PAULO. *Currículo Paulista*: Etapa Ensino Médio. São Paulo: Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, 2020.

SEPULVEDA, C.; FARIAS, Y. M. M. A biologia e a construção de outros: história da ciência, crítica feminista e educação antiopressiva. *Revista Brasileira de História da Ciência*, v. 15, n. 2, p. 491-515, 2022.

SHAPIN, S. *Nunca Pura*: Estudos Históricos de Ciência como se fora produzida por pessoas com corpos, situadas no tempo, no espaço, na cultura e na sociedade e que se empenham por credibilidade e autoridade. Editora Fino Traço, 2013.

SILVA, C. P.; FIGUEIRÔA, S. F. M.; NEWERLA, V. B.; MENDES, M. I. P. Subsídios para o uso da História das Ciências no ensino: exemplos extraídos das geociências. *Ciência & Educação*, v. 14, n. 3, p. 497-517, 2008.

SILVA, C. S. S.; PROCHNOW, T. R.; PELLEGRINI, G.; BIZZO, N. Pesquisa de Percepções de Estudantes do Ensino Médio sobre os Desafios Ambientais. *Ciência & Educação*, v. 26, p. 1-14, 2020.

SILVA, E. S.; ANDRADE, S. A Ótica do Professor Formador sobre a Integração das Tecnologias à Licenciatura em Matemática. *Ciência & Educação*, v. 27, p. 1-11, 2021.

SILVA, L. S.; HENNING, P. C. Problematizando o campo de saber da educação ambiental. *Pro-Posições*, v. 30, 2019.

SILVA, M. A. da; SCHREIBER, B. C.; SANTOS, C. L. dos Evaporitos como recursos minerais. *Brazilian Journal of Geophysics*, v. 18, n. 3, 2000.

SILVA JUNIOR, R. D.; DE BIASE, L.; MARTELLINI, F. Sobre diálogos e existências: uma possível contribuição da antropologia para a agroecologia. *Ambiente & Sociedade*, v. 22, 2019.

SIQUEIRA, A. C.; SCHEID, N. M. J.; KLECHOWICZ, N. J. Discussões éticas para uma adequada compreensão da ciência como instituição e vivência cidadã. *Ensino Em Re-Vista*, v. 25, n. 2, p. 306-322, 2018.

SOBOUL, A. *A Revolução Francesa*. Rio de Janeiro: Difel, 2003.

SZTEJNBERG, A. The Eminent French Chemist Claude-Louis Berthollet (1748-1822) in the Literature between the 19th and 21th Centuries. *Substantia*, v. 4, n. 2, p. 139-149, 2020.

TALANQUER, V. Macro, Submicro, and Symbolic: The many faces of the chemistry "triplet". *International Journal of Science Education*, v. 33, n. 2, p. 179–195, 2011.

THIESEN, J. da S. A interdisciplinaridade como um movimento de articulação no processo ensino-aprendizagem. *PerCursos*, v. 8, n. 1, p.87-102, 2007.

THIESEN, J. da S. Currículo interdisciplinar: contradições, limites e possibilidades. *Perspectiva*, v. 31, n. 2, p. 591-614, 2013.

URSI, S.; BARBOSA, P. P.; SANO, P. T; BERCHEZ, F. A. de S. Ensino de Botânica: conhecimento e encantamento na educação científica. *Estudos Avançados*, v. 32, n. 94, p. 7-24, 2018.

VAINER, C. B. As escalas do poder e o poder das escalas: o que pode o poder local?, In: *CADERNOS IPPUR*, 2001-2,2002-1, *Planejamento e território: ensaios sobre a desigualdade,* Rio de Janeiro: UFRJ/IPPUR, 2002.

VÁZQUEZ MANASSERO, M. A.; VÁZQUEZ ALONSO, A. Ciencia y arte se encuentran: el caso del telescopio de Galileo. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 35, n. 3, p. 195-215, 2017.

VELOSO, J. M. C. *Alographia dos alkalis fixos vegetal ou potassa, mineral ou soda e dos seus nitratos, segundo as melhores memorias estrangeiras, que se tem escripto a este assumpto*. Parte primeira. Lisboa: Offic. de Simão Thaddeo Ferreira, 1798.

VIOLA. [Composição e intérprete]: Levi Ramiro. *In*: Purunga, Intérprete: Levi Ramiro. São Paulo: Tratore, 20 jun. 2018. 4 min. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=RcrK-VIHweI. Acesso em: 6 jul. 2023.

WISNIAK, J. Sodium carbonate – From natural resources to Leblanc and back. *Indian Journal of Chemical Technology*, v. 10, p. 99-112, 2003.

YOU, H. S. Why teach science with an interdisciplinary approach: History, trends, and conceptual frameworks. *Journal of Education and Learning*, v. 6, n. 4, p. 66‑77, 2017.

YOUNG, M. *Knowledge and control*. Nova Iorque: MacMillan, 1981.