



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

CAMPUS BAURU

FACULDADE DE CIÊNCIAS



Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciências

GABRIELA BUENO DENARI

**RELAÇÃO ENTRE COMPLEXIDADE E HISTÓRIA DA CIÊNCIA:
CONTRIBUIÇÕES A PARTIR DO TEMA EFEITO ESTUFA NA
ANÁLISE DE UM CURSO DE FORMAÇÃO**

Bauru

2019

GABRIELA BUENO DENARI

**RELAÇÃO ENTRE COMPLEXIDADE E HISTÓRIA DA CIÊNCIA:
CONTRIBUIÇÕES A PARTIR DO TEMA EFEITO ESTUFA NA ANÁLISE DE
UM CURSO DE FORMAÇÃO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciência da Universidade Estadual Paulista, campus de Bauru, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Educação para Ciência.

Orientador: Prof. Dr. João José Caluzi

Bauru

2019

Denari, Gabriela Bueno.

Relação entre complexidade e história da ciência: contribuições a partir do tema efeito estufa na análise de um curso de formação / Gabriela Bueno Denari, 2019

172 f. : il.

Orientador: João José Caluzi

Tese (Doutorado)-Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2019

1. Efeito Estufa. 2. Edgar Morin. 3. Licenciatura em Química. 4. Teoria da Complexidade. 5. História da Ciência. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências. II. Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE GABRIELA BUENO DENARI, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS - CÂMPUS DE BAURU.

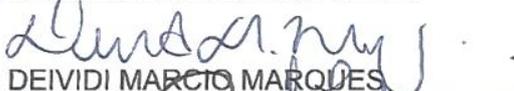
Aos 22 dias do mês de março do ano de 2019, às 14:00 horas, no(a) Sala 01 da Pós-Graduação da Faculdade de Ciências - Unesp/Bauru-SP, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. JOAO JOSE CALUZI - Orientador(a) do(a) Departamento de Física / Faculdade de Ciências - UNESP/Bauru, Profa. Dra. CIBELLE CELESTINO SILVA do(a) Departamento de Física e Ciência Interdisciplinar / Universidade de São Paulo - USP, Prof. Dr. DEIVIDI MARCIO MARQUES do(a) Instituto de Química / Universidade Feral de Uberlândia, Prof^a. Dr^a. SILVIA REGINA QUIJADAS ARO ZULIANI do(a) Departamento de Educação / Faculdade de Ciências - UNESP - Bauru, Prof. Dr. MARCELO CARBONE CARNEIRO do(a) Departamento de Ciências Humanas / Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação - UNESP/Campus de Bauru, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da TESE DE DOUTORADO de GABRIELA BUENO DENARI, intitulada **Relação entre Complexidade e História da Ciência: contribuições a partir do tema efeito estufa na análise de um curso de formação..** Após a exposição, a discente foi arguida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADA. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.



Prof. Dr. JOAO JOSE CALUZI



Profa. Dra. CIBELLE CELESTINO SILVA



Prof. Dr. DEIVIDI MARCIO MARQUES



Prof^a. Dr^a. SILVIA REGINA QUIJADAS ARO ZULIANI



Prof. Dr. MARCELO CARBONE CARNEIRO

*Dedico a tese às minhas avós Felippa
(in memoriam) e Thereza – por todo amor,
carinho, afeto e orações*

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof^o João Caluzi, pela orientação e pelas longas e boas conversas sobre a vida;
- À Prof^a Silvia Zuliani, por todos os direcionamentos, motivação e confiança;
- À Prof^a Cibelle Silva, pelos apontamentos na qualificação e tese;
- Aos Prof^{os} Marcelo Carneiro e Deividi Marques, por aceitarem contribuir com a tese;
- Aos Prof^{os} das disciplinas cursadas no doutorado, por todos os aprendizados;
- Ao Prof^o Alexandre Legendre, pelo apoio nos trabalhos realizados com os licenciandos;
- A todos colegas, funcionários e Prof^{os} do Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciência, responsáveis pelas condições para que o trabalho fosse desenvolvido;
- A todos os colegas e Prof^{os} da Comissão Assessora de Bolsas e do Conselho de Curso, pelos aprendizados compartilhados;
- Aos funcionários do DQ, Daniel de Jesus e Vagner Todescato, e do DE, Dan Jonathan, por toda ajuda com documentos e equipamentos utilizados com os licenciandos;
- À Paola Gimenez e Rebeca Bighetti, pela disposição no auxílio com as filmagens;
- Aos queridos licenciandos que não só participaram de forma voluntária nesse trabalho, mas que possibilitaram minha real formação como docente. A todos os alunos a quem tive a oportunidade de lecionar, que me ensinaram e me tornaram professora;
- Às escolas estaduais, seus Prof^{os} e funcionários, que nos acolheram nos estágios e nos proporcionaram grandes aprendizados;
- Às alunas Beatriz Germano, Bianca Ribeiro, Jéssica Meira e Vanessa Silva, por me permitirem orientar os respectivos TCC;
- Aos licenciandos que tive oportunidade de participar das bancas de TCC;
- À Diana Parga, querida amiga que compartilhou disciplinas e possibilitou ensinamentos;
- Ao querido amigo Erik Benedicto (Emo), por compartilhar choros e conquistas ao longo do curso e da vida;
- Ao meu querido e amado companheiro Thiago, que foi o porto seguro durante todo o desenvolvimento da tese, pelas ajudas nas revisões textuais, no apoio emocional, imenso amor e carinho que possibilitaram ter saúde física e mental para finalizar a tese;
- Aos meus pais, Marcelo e Vani, pela preocupação, amor e orações;
- Ao meu irmão Gustavo e ao meu cunhado Marcos, pelo carinho e preocupação;
- À minha irmã Giulianna e ao meu cunhado Mateus, pelo carinho e acolhimento;
- Aos familiares que me apoiaram ao longo do percurso, como a Fátima e em especial à Nízia, sempre com um bom e longo papo;

- Aos sogros queridos (*in memorian*) que pude conhecer em vida e que hoje me protegem;
- Às amigas queridas de longa data, Carina Ito (Cá) e Luna Guerreiro (Lubs), por sempre mandarem boas energias e estarem presentes em mais um ciclo da minha vida;
- À querida amiga Mayra Navarro (Má), que esteve longe fisicamente, mas sempre presente, pelas conversas e apoio ao longo de tantos anos e agora em mais essa fase;
- Aos queridos amigos de sempre Fernando Silva (Buru) e Fernando Silva (Lindo), que estavam sempre presentes com mensagens e telefonemas cheios de carinho;
- Às amigas que me acolheram nos primeiros anos em Bauru: Barbara Zaneti (Bá), Fernanda Souza (Fer) e Maria Luiza Sant'Anna (Milu);
- À amiga Sarah Teixeira (Sá), pelo acolhimento em Bauru e por dividir a casa, os sábios conselhos e amizade ao longo da caminhada, além da ajuda com os vídeos na escola;
- À amiga e roomie Letícia Lozan (Leka), por aguentar minhas inseguranças e sempre fazer uma boa pipoca para acalmar meu coração, além da ajuda com os vídeos na escola;
- À querida amiga Larissa Lemos (Lari), por compartilhar todas as angústias e sempre ter uma visão ampla do curso e da vida para compartilhar;
- Aos amigos Andreia Costa, David Eleutério e Sofia Silva, pelas boas energias;
- À amiga Rafaela (Rafa) por sempre torcer pelas minhas conquistas;
- Aos amigos, Carolina Cardinal (Carol), Eduardo Blanco (Du), Juliana Suigh (Ju) e Rita da Silva, que de alguma forma se mantiveram presentes;
- Ao circo, meu prazer semanal, lugar de criatividade e alegria, e aos amigos da *Casa do Circo* em especial Anna Camila Alves, Carina Lopes, Giovanne Jorge, João Folcato, Tatiana Santiago e família, Thaís Bohn e tantos outros queridos, por compartilharem quedas e sorrisos e serem conforto para o meu coração durante o curso;
- Ao yoga e à psicoterapia que possibilitaram desenvolver maior autoconhecimento e me mantiveram centrada para a finalização desse trabalho;
- A todos que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento do trabalho;
- O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

*A esperança é a ideia que o futuro – já
que é incerto e já que é desconhecido –
pode justamente ser melhor. Meu
sentimento profundo é que eu sou um
pedacinho temporário numa gigantesca
aventura que é a humanidade.*

Edgar Morin

(In: COLEÇÃO, 2006, 22min)

RESUMO

As questões ambientais estão cada vez mais sendo discutidas na sociedade. Contudo, de acordo com o autor francês Edgar Morin, para entendê-las em completude, é preciso ter uma mudança de percepção de mundo, buscando religar os pensamentos que foram fragmentados ao longo dos séculos, tanto no contexto social como no educacional. Mudar o pensamento não é um processo trivial e a História da Ciência (HC) pode ser uma boa ferramenta para os estudos da complexidade, possibilitando melhor compreensão sobre as visões contemporâneas da ciência e suas consequências em assuntos amplamente discutidos. Frente aos debates ambientais, foi escolhido como motivação das discussões da presente tese o tema efeito estufa intensificado e suas consequentes alterações no clima. Há pesquisas que relacionam o pensamento complexo com o ensino de ciências e a HC com ensino, mas são quase ausentes as que proponham ou investiguem conexões entre a tríade complexidade, HC e ensino. Diante da suposição de que a HC pode auxiliar a desenvolver o pensamento complexo, o objetivo do trabalho foi identificar a possível relação entre os princípios da complexidade de Edgar Morin e categorias de HC a partir dos estudos do efeito estufa intensificado – na teoria e com estudantes em cursos de formação docente. Foi utilizada a pesquisa qualitativa para o desenvolvimento da tese em duas etapas: a primeira – chamada de estudos teóricos – foi importante para dar base para as discussões na segunda etapa – denominada atividades com licenciandos. Realizaram-se estudos teóricos dentro da temática do efeito estufa intensificado, sua breve historização conceitual e suas implicações na mídia local. Além disso, foi possível identificar os princípios da complexidade de Edgar Morin e relacioná-los com as categorias da HC e sua interface no ensino. Notou-se que a proposta de relação existente não é linear e sim em redes. Nas atividades com os alunos, com o intuito de verificar a possível relação na prática, foi feito o acompanhamento de duas turmas cursando disciplinas de estágio supervisionado no último ano de um curso de licenciatura em química. As atividades ao longo do período pesquisado foram diversas, contando desde orientações, apresentações, análises de filme até planejamento e execução de minicursos aplicados em escolas estaduais de nível básico. As apreciações dos instrumentos de coleta de dados foram realizadas seguindo os preceitos da análise do conteúdo de Moraes, que consiste em cinco etapas: preparação das informações; transformação do conteúdo em unidades; categorização; descrição; interpretação. Assim, com os dados coletados, organizou-se um quadro composto de excertos de textos e falas dos licenciandos justificando a criação de categorias de análises. Por meio das categorias criadas, foi possível traçar um paralelo com as relações já estabelecidas nos estudos teóricos. Pode-se perceber que, apesar de ser possível a aproximação entre os pensamentos complexos e as categorias de HC, os licenciandos não desenvolveram todas as categorias de HC e/ou complexidade. Por meio das discussões, pode-se inferir que as questões que abordam temas ambientais sob o viés da História da Ciência e da complexidade ainda são muito incipientes na formação dos licenciandos. Contudo, um possível caminho para mudanças de percepção de mundo possa ser investir na HC no ensino para atingir mudanças de pensamento significativas para o contexto global que se tem atualmente. Dessa forma, a tese aponta para a urgência em se trabalhar tais assuntos na formação docente focando na contribuição do ensino para a desfragmentação do pensamento.

Palavras-chave: Efeito Estufa. Edgar Morin. Licenciatura em Química. Teoria da Complexidade. História da Ciência.

ABSTRACT

Environmental issues are increasingly being discussed in society. However, according to French author Edgar Morin, in order to understand them in completeness, it is necessary to have a change of world perception, seeking to reconnect the thoughts that have been fragmented over the centuries, both in the social and educational context. Changing thinking is not a trivial process and the History of Science (HS) can be a good tool for studying complexity, enabling a better understanding of contemporary views of science and its consequences on widely discussed subjects. In the face of environmental debates, the intensified greenhouse effect theme and its consequent changes in climate were chosen as motivation of the discussions of this thesis. There is research that links complex thinking with science teaching and HS with teaching, but there are almost no ones who propose or investigate connections between the triad complexity, HS and teaching. Given the assumption that HS can help to develop complex thinking, the objective of this work was to identify the possible relationship between the principles of complexity of Edgar Morin and HS categories from studies of the intensified greenhouse effect - in theory and with students in teacher training courses. Qualitative research was used for the development of the thesis in two stages: the first - called theoretical studies - was important to provide the basis for the discussions of the second stage - called activities with licensees. Theoretical studies were carried out within the theme of the intensified greenhouse effect, its brief conceptual historization and its implications in the local media. In addition, it was possible to identify the principles of complexity of Edgar Morin and to relate them to the categories of HS and their interface in teaching. It was noted that the existing relationship proposal is not linear but in networks. In the activities with the students, with the intention of verifying the possible relation in the practice, it was done the monitoring of two classes attending disciplines of supervised stage in its last year of licentiate degree course in chemistry. The activities during the period studied were diverse, ranging from guidelines, presentations, film analysis to planning and execution of mini-courses applied in high school. The evaluations of the data collection instruments were carried out following the precepts of Moraes on the content analysis, which consists of five steps: information preparation; transformation of content into units; categorization; description; interpretation. Thus, a table containing excerpts of texts and statements of the licensees justifying the creation of categories of analysis and it was prepared from the collected data. Through the categories created, it was possible to draw a parallel with the relations already established in theoretical studies. It can be seen that, although it is possible to approximate complex thoughts and HS categories, the licensees did not develop all categories of HS and/or complexity. Through the discussions, it can be inferred that the questions upon environmental issues under the bias of the History of Science and complexity are still very incipient in the both. However, that a possible path for changes in world perception may be to invest in HS in teaching to achieve meaningful changes of thought to the current global context. Thus, the thesis highlights to urgency to work such matters in teacher training focusing on the contribution of teaching to the defragmentation of thought.

Keywords: Greenhouse Effect. Edgar Morin. Chemistry graduation. Theory of Complexity. History of Science.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Caracterização das disciplinas acompanhadas	27
Quadro 2: Atividades desenvolvidas em cada disciplina	29
Quadro 3: Instrumentos de coleta de dados em E1A e E2A	30
Quadro 4: Instrumentos de coleta de dados em E1B e E2B	34
Quadro 5: Escolha dos instrumentos de coleta de dados.....	37
Quadro 6: Tipo de unidades de análise.....	40
Quadro 7: Reportagens sobre efeito estufa na <i>Revista Ciência Hoje</i> de 2005 a 2014 ...	53
Quadro 8: Artigos em que os princípios complexos estão presentes	56
Quadro 9: Categorias em cada esfera da NdC	87
Quadro 10: Categorias da Interface HC e Ensino.....	95
Quadro 11: Possível aproximação entre complexidade, HC e ensino.....	98
Quadro 12: Inter-relações possíveis entre categorias	115

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma das atividades desenvolvidas	20
Figura 2: Etapas para processamento de dados	26
Figura 3: Seleção dos licenciandos.....	39
Figura 4: Emissões brutas de GEE no Brasil, por setor, de 1990 a 2015	45
Figura 5: Exemplos das conexões em rede complexa do tema EE	47
Figura 6: Mapa da Cidade do Rio de Janeiro de 1831.....	67
Figura 7: Intersecções das esferas da NdC	86
Figura 8: Relações entre Ensino de Ciência, HC e Complexidade	96
Figura 9: Relações prováveis entre princípios complexos e HC.....	108
Figura 10: Tabuleiro desenvolvido pelos licenciandos para minicurso	110
Figura 11: Relações prováveis entre as categorias e os princípios complexos	127
Figura 12: Imagem ilustrativa do simulador de EE.....	172

LISTA DE ABREVIATURAS

ANDI	Agência de Notícias dos Direitos da Infância
BNCC	Base Nacional Curricular Comum
BRICS	Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul
CEE	Conselho Estadual de Educação
CFC	Clorofluorcarbono
CH	Ciência Hoje
COP	Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
EA	Educação Ambiental
ECO-92	Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
EE	Efeito Estufa
EMC	Educação em Mudanças Climáticas
FFCLRP	Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP Ribeirão Preto
GEE	Gases de Efeito Estufa
GWP	Global Warming Potential
HC	História da Ciência
IPCC	Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas
MEC	Ministério da Educação
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NdC	Natureza da Ciência
OG	Órgão Gestor
OGM	Organismos Geneticamente Modificados
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PC	Pensamento Complexo
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PIBID	Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência
PNEA	Política Nacional de Educação Ambiental
PNMC	Política Nacional sobre a Mudança do Clima
PNUMA	Programa das Nações Unidas do Meio Ambiente
WMO	Organização Meteorológica Mundial

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	14
CAPÍTULO 1: CAMINHOS DA PESQUISA	20
Estudos teóricos	21
Atividades com os licenciandos.....	25
<i>Preparação das atividades</i>	27
<i>Instrumentos de coleta de dados e codificação</i>	30
<i>Preparação das informações</i>	37
<i>Transformação do conteúdo em unidades de análise</i>	39
<i>Categorização, descrição e interpretação</i>	41
CAPÍTULO 2: EFEITO ESTUFA INTENSIFICADO E MUDANÇAS CLIMÁTICAS: MOTIVADOR DAS DISCUSSÕES DO PENSAMENTO COMPLEXO E HISTÓRIA DA CIÊNCIA	43
Mudanças no clima e Educação Ambiental Crítica	48
O papel da mídia na divulgação científica do efeito estufa e mudanças climáticas ...	50
A historização do efeito estufa: séculos XVIII e XIX	62
José Pinto de Azeredo (1766 - 1810).....	63
Jean-Baptiste Joseph Fourier (1768-1830)	69
Svante August Arrhenius (1859-1927)	72
CAPÍTULO 3: A TEORIA DA COMPLEXIDADE DE EDGAR MORIN E AS QUESTÕES DO AGRAVAMENTO DO EFEITO ESTUFA	75
Breve discussão sobre a Teoria da Complexidade de Edgar Morin	76
O pensamento complexo e a questão educacional.....	80
CAPÍTULO 4: HISTÓRIA DA CIÊNCIA E INTERFACE COM O ENSINO	86
História da Ciência: afinal, o que é isso?.....	89
Interface História da Ciência e Ensino	92
CAPÍTULO 5: ANÁLISE DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS.....	96
Relação entre os princípios da complexidade de Edgar Morin e a HC	97
<i>Princípio dialógico</i>	99
<i>Princípio da reintrodução do conhecimento em todo conhecimento</i>	100
<i>Princípio do circuito recursivo</i>	102
<i>Princípio do circuito retroativo</i>	103
<i>Princípio da autonomia/dependência (auto-organização)</i>	105

<i>Princípio hologramático</i>	105
<i>Princípio sistêmico ou organizacional</i>	106
Discussão das atividades com os licenciandos	109
Aproximações entre categorias	115
<i>Princípio dialógico</i>	118
<i>Princípio da reintrodução do conhecimento</i>	119
<i>Princípios do circuito recursivo, do circuito retroativo e da auto-organização</i> ..	122
<i>Princípio hologramático e princípio sistêmico</i>	124
CONSIDERAÇÕES FINAIS	128
REFERÊNCIAS	132
APÊNDICE 1: Termo de consentimento e informação.....	145
APÊNDICE 2: Roteiro de estudo do filme.....	147
APÊNDICE 3: Aula para debates do efeito estufa intensificado	148
APÊNDICE 4: Modelo de plano de aula.....	149
APÊNDICE 5: Roteiro de análise dos planos de aula.....	150
APÊNDICE 6: Categorias identificadas pelas unidades de análise	151
ANEXO 1: Explicação do experimento realizado pelos alunos do Grupo 2 (E1A).....	172

INTRODUÇÃO

As questões ambientais vêm sendo discutidas já há algum tempo, inclusive no que se referem às mudanças do clima. Contudo, as questões como o efeito estufa intensificado e o aquecimento global, não se restringem unicamente à esfera ecológica, sendo necessário mobilizar-se para uma nova percepção sobre o mundo contemporâneo, fazendo interligações e relações das mais diversas formas, buscando um pensamento voltado para compreensão do todo.

As interligações não são triviais, pois demandam um pensamento complexo que, para o autor francês Edgar Morin, é poder estabelecer articulações entre os mais diversos campos das disciplinas, da pesquisa e da ciência (MORIN, 2002). Pensar nas questões ambientais a partir da complexidade significa construir uma nova forma de agir em relação ao meio como resultado da reforma de pensamento.

A reforma de pensamento defendida pelo autor supracitado se faz necessária como uma forma de enfrentar a *crise ambiental* ou *crise civilizatória* que alguns autores denominam ao se referirem às degradações ambientais de origem antrópica (JACOBI, 2005; CARVALHO, 2007; BIGLIARDI; CRUZ, 2007; LEFF, 2009). A crise é um desdobramento da compreensão que o ser humano tem sobre a natureza que, em sua maioria, é uma concepção de superioridade e que o leva atribuir à natureza e seus recursos unicamente um caráter utilitarista, ou seja, um ambiente para satisfazer apenas as necessidades humanas. Para Reis (2013), a relação de apropriação e de destruição da natureza pelo homem é a maior responsável pelo quadro de degradações vivenciadas na atualidade. Situação essa que não se restringe somente aos fatores ambientais, mas também engloba as questões sociais que decorrem da percepção política e econômica que se vive (BIGLIARDI; CRUZ, 2007).

Para Bigliardi e Cruz, (2007), a superação da crise civilizatória e a crise do conhecimento que o cerca, se daria reconstruindo a forma de pensar, saindo da lógica fragmentada e buscando o diálogo e a hibridização de saberes, para atingir uma realidade ambiental complexa (MORIN, 2002; LEFF, 2009). No contexto marcado pela necessidade de mudanças na percepção do mundo, os educadores em todos os níveis mostram-se essenciais para a “inserção da educação ambiental no cotidiano escolar, qualificando os alunos para um posicionamento crítico” (JACOBI, 2005, p. 233).

Alguns autores têm pesquisado a interface entre as discussões do pensamento complexo e as questões ambientais, no âmbito educacional. Fernandes-Silva, Costa e

Borba (2016) trabalham com o conceito de Educação em Mudanças Climáticas (EMC) com a finalidade de aproximar na realidade escolar os debates sobre efeito estufa intensificado e mudanças climáticas. Para eles, a EMC pode ensinar a trabalhar a tecnologia para cidades limpas e humanas; desenvolver o pensamento crítico; dominar a gestão de competências e habilidades ao longo da vida do educando. Apontam, assim, para uma possibilidade na mudança de perspectiva para um ensino mais sistêmico.

Carvalho, Watanabe e Rodríguez-Marín (2017) investigaram estudantes do ensino básico em aulas de física e a construção de seus argumentos ao longo de aulas sobre a problemática do aquecimento global. O objetivo foi identificar alguns elementos que caracterizassem o nível de complexidade nas ideias produzidas e o que constataram foi que a construção do conhecimento escolar é dinâmica e flexível, passando por diversos níveis de complexidade, segundo os conceitos de complexidade de Edgar Morin.

Já Augusto e colaboradores (2004) trabalharam a temática do efeito estufa com docentes da área de ciências naturais a fim de investigar como poderiam conceber o conceito de interdisciplinaridade. Na pesquisa, os autores defendem a mudança do pensamento do âmbito fragmentado para o complexo, utilizando as concepções de Edgar Morin como referência. Realizaram um curso com professores em que desenvolviam atividades interdisciplinares e, por meio de questionário, buscaram identificar a mudança de percepção de mundo. Concluíram que os professores estudados apresentavam carência conceitual e, apesar de afirmarem a possibilidade de trabalhar o efeito estufa de forma interdisciplinar, não indicavam como fazê-lo.

Watanabe-Caramello e Strieder (2011) utilizaram-se de abordagens temáticas para desenvolver assuntos ambientais complexos com integrantes do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) – alunos, pesquisadores e professores. Os autores perceberam que há espaço nas escolas para se trabalhar na perspectiva de temas complexos, muito embora pareçam não estar preparadas para sozinhas desenvolver trabalhos dessa natureza. Dessa forma, o trabalho de Watanabe-Caramello e Strieder (2011) juntamente com a pesquisa de Augusto e colaboradores (2004), revelam a carência na formação de professores e apontam para investimentos em reformulações dos currículos atuais para contemplar os conteúdos de maneira complexa.

Uma possível justificativa para a formação docente não ser contemplada com as questões complexas é a quase ausente pesquisa na área. Reis (2013) assinala que problemática das mudanças climáticas na perspectiva da complexidade de Edgar Morin é um tema pouco trabalhado nas teses e dissertações brasileiras nos últimos anos. As

autoras Carvalho e Watanabe (2017) realizaram um levantamento identificando os elementos da complexidade nas produções acadêmicas sobre educação ambiental. Elas analisaram sete periódicos brasileiros da área de ciência e educação no período de 2010 a 2015, encontrando 103 trabalhos. Desses, 18% estão focados em discussões de mudanças nos currículos e práticas incluindo a discussão de natureza socioambiental no contexto escolar, sendo que 30% abordam aspectos que buscam promover uma abordagem mais complexa. Ao analisarem a proposição de atividades e práticas educativas, as autoras notaram que 19% dos trabalhos propõem atividades para sala de aula sendo menos da metade propostas que contemplaram pensamento complexo. As pesquisadoras concluem que os trabalhos em sua maioria estão inseridos em uma perspectiva simplificadora e/ou reducionista.

Como forma de inserir e discutir questões complexas – como das mudanças climáticas e a intensificação do efeito estufa – no contexto escolar, visando a percepção total do fenômeno estudado, Rosella (2004) trabalhou com a História da Ciência (HC). Utilizou-se a história do desenvolvimento dos conceitos de calor e temperatura como um importante paralelo da intensificação do efeito estufa desde o século XIX, no período da Revolução Industrial. O autor desenvolveu atividades com estudantes do nível médio em que apresentava o histórico de conceitos científicos além de debates atuais dentro da temática do efeito estufa intensificado e mudanças climáticas. De maneira indireta, o trabalho de Rosella (2004) contribuiu para inferir que a História da Ciência pode desenvolver ótimas associações para as percepções do pensamento complexo, trazendo melhor compreensão sobre as visões da ciência e suas consequências em assuntos amplamente discutidos.

Estudar como o conceito do efeito estufa intensificado e do aquecimento global aparecem ao longo do desenvolvimento científico é essencial para compreender alguns debates políticos, econômicos e sociais envolvidos na problemática, como por exemplo, a própria importância dada ao tema nas mídias (comunicação) e nas escolas. Historicizar temáticas como essas é importante para compreender as influências sócio-políticas-ambientais nas discussões internacionais relacionados com o aquecimento global. Apesar de serem relevantes no ensino, a História da Ciência e debates como esses não estão incluídos na maioria dos programas de ensino (PORTO, 2011), e uma das principais barreiras é a falta de professores com formação adequada na área de HC (LONDERO, 2015).

Investir na formação docente é importante para iniciar as mudanças de pensamentos citadas até aqui, em que esses profissionais possam atuar de forma efetiva no contexto escolar. Além disso, utilizar a História da Ciência para trabalhar temas complexos não é algo facilmente constatado na literatura e nem há pesquisas ou discussões que apontem para a ligação direta entre a utilização da História da Ciência como forma de propiciar o desenvolvimento do pensamento complexo.

Diante das considerações apresentadas, surgem as seguintes questões: **De que forma a História da Ciência pode estar associada com a reforma do pensamento proposta pela Teoria da Complexidade? Como inserir na formação de professores temas complexos a partir do estudo da História da Ciência?**

Questões como essas impulsionam a pesquisa, mas são muito amplas para nortear um trabalho de doutorado. Sendo assim, sabendo que questões ambientais são complexas, buscou-se trabalhar por meio do efeito estufa intensificado as relações entre os pensamentos de Edgar Morin e a História da Ciência. Assim, tem-se a questão de pesquisa: **Quais são as possíveis relações entre os princípios do pensamento complexo e a História da Ciência nas discussões, planejamentos e aplicações de aulas de química, a partir da temática do efeito estufa intensificado?**

Buscando responder a essa questão de pesquisa, coloca-se o objetivo geral: Identificar a possível relação entre os princípios da complexidade e a História da Ciência a partir dos estudos do efeito estufa intensificado e demais questões ambientais – na teoria e com estudantes em cursos de formação docente. A partir do objetivo geral, descrevem-se os seguintes objetivos específicos:

- Levantar bibliografias que suportem a discussão sobre o efeito estufa intensificado além de personalidades que contribuíram de maneira direta e/ou indireta para a conceptualização do tema, justificando a utilização da temática enquanto motivadora dos debates no trabalho;

- Tecer relações teóricas entre os pensamentos complexos de Edgar Morin e a História da Ciência;

- Desenhar e aplicar uma proposta de curso que contemple debates sobre complexidade e HC por meio da temática efeito estufa, investigando como os licenciandos discutem, planejam e executam atividades relacionadas as questões ambientais pelo viés da complexidade e HC.

O desenvolvimento das ações realizadas para alcançar os objetivos propostos na tese está dividido em capítulos para melhor compreensão da leitura. No primeiro Capítulo

se apresentam quais caminhos foram seguidos a fim de responder à questão de pesquisa. O trabalho se estrutura em duas partes: estudos teóricos e atividades com licenciandos. No referido capítulo, detalha-se como foram desenvolvidas as etapas de cada uma das partes. Na primeira, há investigação e fundamentação de temas como: as questões do agravamento do efeito estufa; mídia, efeito estufa intensificado e mudanças climáticas; os princípios da teoria da complexidade; História da Ciência e o ensino. Já na segunda parte, em que se trata das atividades com alunos do último ano de um curso de licenciatura em química, são apresentadas com detalhes os instrumentos de coleta de dados, bem como os passos seguidos no tratamento e análise dos resultados.

No segundo Capítulo são discutidas a questão da temática do efeito estufa intensificado e das mudanças climáticas desde a perspectiva da historização do conceito até a divulgação dos temas na mídia nacional e mundial. A importância em se trazer tais temas para discussão surgiu da motivação de levar a problemática para o universo escolar, que é feito muitas vezes por meio da educação ambiental e, sendo um tema transversal no currículo, perpassa as disciplinas, inclusive a química.

A historização é feita a partir de três personalidades: o brasileiro José Pinto de Azeredo (1766 – 1810), o francês Jean-Baptiste Joseph Fourier (1768-1830) e o sueco Svante August Arrhenius (1859-1927). Apresenta-se os trabalhos em ordem cronológica em que foram desenvolvidos, dando destaque às relevâncias dos estudos frente à temática das mudanças do clima, trazendo trechos originais dos textos dos referidos autores para a discussão.

No meio científico, questões sobre as mudanças climáticas são largamente discutidas, pensando nas consequências da ação humana no meio ambiente. É importante deixar claro que há grande debate sobre as causas do efeito estufa intensificado e o aquecimento global, fazendo com que se tornem temas controversos, com incertezas no meio acadêmico. As incertezas e riscos gerados pelas problemáticas no meio científico se refletem na forma em que são propagadas informações para a sociedade de forma geral. Por isso, se faz importante compreender como as temáticas são apresentadas na mídia nacional e internacional.

O Capítulo três traz uma breve reflexão sobre os estudos da teoria da complexidade. Trata-se de uma reforma do pensamento fragmentado para um pensamento sistêmico. Apresenta-se algumas ideias de autores que pesquisam a temática sendo enfatizada as do francês Edgar Morin. A escolha por esse pesquisador se deu por

suas discussões sobre a complexidade englobarem o meio ambiente e a educação – seja ela escolar ou não.

A proposta do terceiro Capítulo não é esgotar as discussões sobre os estudos do pensamento complexo, mas trazer conceitos que possam esclarecer questões mais amplas na perspectiva das mudanças climáticas e estudos sobre o efeito estufa intensificado. As ideias apresentadas por Morin sobre a teoria da complexidade e suas relações com a educação dão suporte para o desenvolvimento do trabalho, em que se busca o conhecimento interdisciplinar. Dessa forma, é importante dar ferramentas para os futuros professores trabalharem e explorarem os conteúdos nessa perspectiva. Além do mais, ainda no Capítulo três, se apresenta os princípios da teoria de Edgar Morin que serão utilizados como categorias para análise dos resultados.

O quarto Capítulo trata-se das questões da História da Ciência. Importante salientar que a História da Ciência é uma das esferas que contemplam a compreensão da Natureza da Ciência (NdC), juntamente com as esferas filosóficas, sociológicas e psicológicas. No presente trabalho, o destaque é feito para as discussões no âmbito da História da Ciência utilizando o trabalho de McComas e Olson (2002) sobre Natureza da Ciência. Apresentam-se as categorizações que os autores desenvolveram e, baseando-se nelas, identificam-se as categorias que são utilizadas na presente pesquisa. Ainda no capítulo quatro, expõe-se brevemente as diferentes historiografias da História da Ciência traçando um paralelo com a interface no ensino e apontando os benefícios de utilizá-la em sala de aula. Questiona-se sobre a formação docente na área, voltando-se também para as temáticas ambientais.

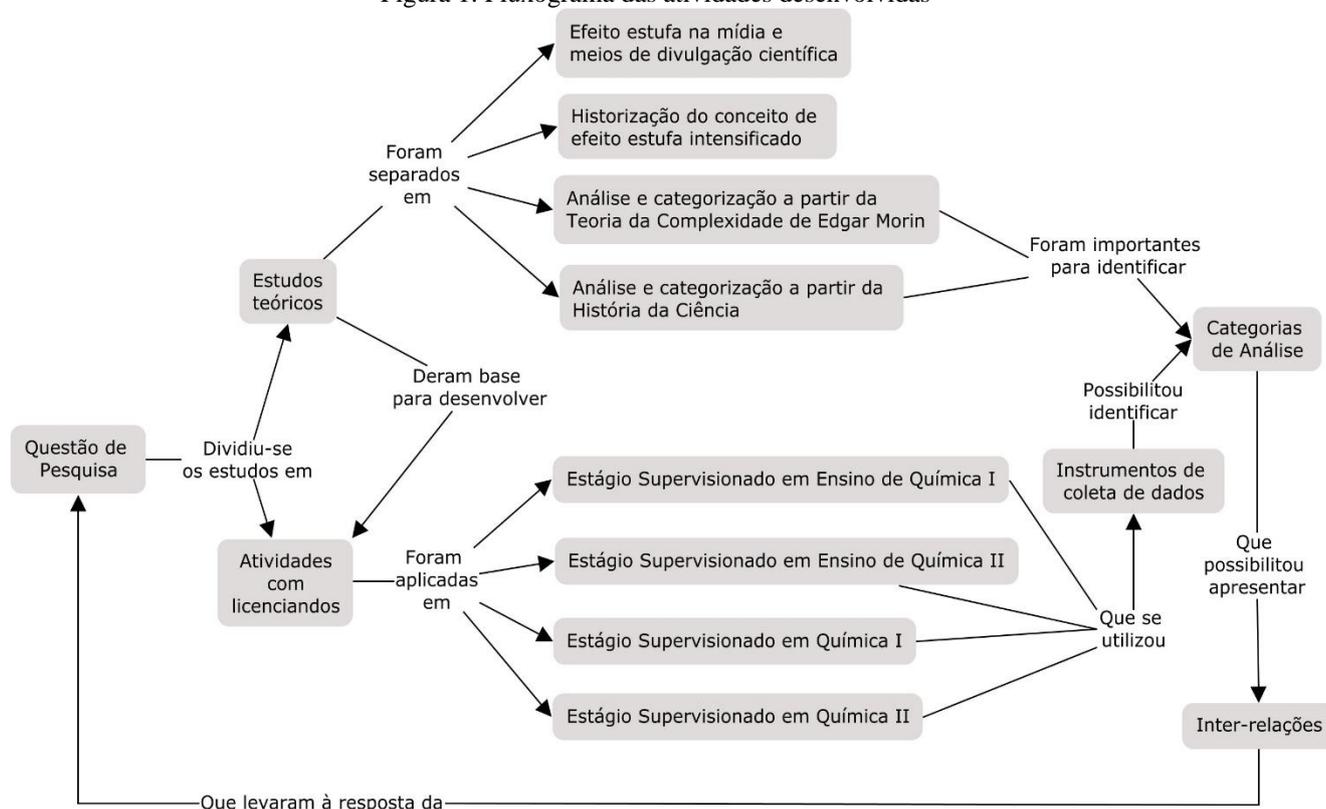
O quinto Capítulo dedica-se a apresentação e análises dos dados. Primeiramente, são retomadas as categorias de Edgar Morin e as de História da Ciência. Em seguida são traçadas as possíveis relações entre as categorias apresentadas, buscando justificar como a História da Ciência pode auxiliar a compor o pensamento complexo. Esse capítulo é importante, pois pretende responder a questão de pesquisa levantada anteriormente, além de tentar traçar comparativos com autores que trabalham com as temáticas do pensamento complexo e/ou História da Ciência. Por fim, são apresentadas as considerações finais da presente pesquisa, seguida das referências, apêndices e anexos.

CAPÍTULO 1: CAMINHOS DA PESQUISA

O presente trabalho utilizou-se da abordagem qualitativa que possui grande relevância nos estudos sociais “devido à pluralização das esferas da vida” (FLICK, 2009, p. 20). Tal abordagem compõe-se por um sujeito com indagações e concepções de mundo e um objeto-sujeito que fala e se posiciona de acordo com seu contexto histórico e social, e seu desenvolvimento baseia-se no estudo interpretativo de comportamentos e narrativas verbais (LUDKE E ANDRÉ, 1986). De acordo com Flick (2009, p.23), os aspectos centrais da pesquisa qualitativa são: “escolhas adequadas de métodos e teorias convenientes; reconhecimento e análise de diferentes perspectivas; reflexões dos pesquisadores a respeito de suas pesquisas como parte do processo de produção de conhecimento; e variedade de abordagens e métodos”. A busca de dados nas pesquisas qualitativas é focada na interpretação de observações e de narrativas, sem necessariamente ter por base números e tratamentos estatísticos.

Para atingir os objetivos propostos, a investigação foi dividida em duas partes: os estudos teóricos e atividades com licenciandos, conforme ilustrado na Figura 1 e melhor discutido nos tópicos que seguem.

Figura 1: Fluxograma das atividades desenvolvidas



Fonte: A autoria própria.

Estudos teóricos

Os estudos teóricos foram necessários para fundamentação da pesquisa e para os direcionamentos nas atividades com os licenciandos. Para trazer contribuições para a temática da historização do efeito estufa intensificado, mudanças climáticas e a complexidade, fez-se inicialmente o levantamento de documentos utilizando ferramentas de busca como o *Scielo* e o *Portal de Periódicos da CAPES*. Os descritores utilizados nas buscas foram diversas combinações de expressões como: *efeito estufa; tratado de Kyoto; crise civilizatória; Brasil colônia; complexidade; Edgar Morin; pensamento sistêmico; pensamento ecológico; controvérsias; história da ciência; historiografia; natureza da ciência; mídia; incertezas; divulgação científica*.

Durante o desenvolvimento do trabalho, ocorreu a participação, como ouvinte, no curso *História da Ciência e da Química no Brasil* ministrado pelo Prof^o Carlos Alberto Filgueiras e organizado pelos Departamentos de Química, Psicologia e Biologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP Ribeirão Preto (FFCLRP/USP) em conjunto com o Museu Histórico da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da USP, em Ribeirão Preto, no segundo semestre de 2016. Este curso foi importante para conhecer o desenvolvimento científico no Brasil no período colonial e entrar em contato com trabalhos como o de José Pinto de Azeredo (1766 – 1810).

Além disso, algumas disciplinas cursadas durante o curso de doutorado auxiliaram na pesquisa, discussão e desenvolvimento de materiais que estão presentes na tese, destacando-se quatro disciplinas para essa etapa de estudos teóricos: *História e Filosofia da Ciência; Ambientalização, educação ambiental e sustentabilidade no contexto educativo; Formação científica, cidadania e compreensão pública de ciência e tecnologia; Filosofia da Ciência*.

A disciplina *História e Filosofia da Ciência*, juntamente com o curso do Prof^o Filgueiras, foram fundamentais para desenvolver parte do Capítulo dois do presente trabalho. Foi possível investigar o trabalho do brasileiro José Pinto de Azeredo com profundidade e buscar o trabalho de Svante August Arrhenius (1859-1927), que é tido na literatura como o principal responsável por cunhar o termo efeito estufa (FURTADO, 2012; MITCHELL, 1989; OLIVEIRA; VECCHIA, 2009). O trabalho de Arrhenius cita os estudos desenvolvidos por Jean-Baptiste Joseph Fourier (1768-1830) e por isso, o autor também teve seu trabalho analisado com maior atenção.

Os estudos dos precursores do desenvolvimento do termo efeito estufa e o conceito de efeito estufa intensificado não tem por objetivo excluir demais trabalhos dos séculos XVIII e XIX sobre a temática. Pelo contrário, a finalidade de investigar e compilar informações dos autores é apresentar possibilidades de estudos de personalidades muitas vezes esquecidas na História da Ciência e que contribuíram para o desenvolvimento da época. No Brasil, em especial, muitos autores do período colonial são deixados de lado quando se investiga determinada temática e trazer o trabalho do autor José Pinto de Azeredo que foi importante para ilustrar o desenvolvimento científico no século XVIII no país.

É necessário destacar que no desenvolvimento dos textos do capítulo dois da tese, levantou-se que o autor José Pinto de Azeredo teve contribuições significativas para determinação da qualidade do ar no Rio de Janeiro. Os estudos dele foram inseridos no debate sobre o efeito estufa pois foram precursores no que diz respeito a preocupação de estudos que relacionem atividade humana, qualidade do ar e composição atmosférica.

A disciplina *Ambientalização, educação ambiental e sustentabilidade no contexto educativo* foi significativa para o contato com textos de Educação Ambiental crítica, além de discutir sobre as questões ambientais pelo viés do pensamento complexo de Edgar Morin e outros autores, como Ilya Prigogine. A disciplina possibilitou o desenvolvimento de partes do segundo Capítulo em que se discute a importância da inserção de debates ambientais no ensino de forma crítica e sistêmica.

A disciplina *Formação científica, cidadania e compreensão pública de ciência e tecnologia* promoveu debates sobre a importância de levar a ciência para espaços públicos e como a população deveria estar inserida nas discussões científicas. Com isso, é evidente a importância da mídia para as comunicações de tais questões para a população de forma geral. Dessa maneira, a disciplina também contribuiu para o desenvolvimento do segundo Capítulo, em que se discute a influência da mídia na divulgação do tema efeito estufa intensificado e mudanças climáticas. Foi possível compreender como se dá a agenda de discussões da temática nas mídias brasileiras em comparação com a mídia internacional.

Ainda decorrente dos estudos da disciplina *Formação científica, cidadania e compreensão pública de ciência e tecnologia* e aproveitando os aprendizados em *Filosofia da Ciência*, foi possível selecionar uma revista para investigar um pouco mais sobre a mídia brasileira e a temática efeito estufa. A *Revista Ciência Hoje* foi escolhida pois é um meio de divulgação presente em muitas escolas públicas e de fácil acesso para professores e alunos, além de ser também facilmente encontrada em bancas de jornais e

revistas. A revista é destinada à divulgação científica e a proposta foi analisar como a temática do efeito estufa aparece em suas reportagens utilizando-se as perspectivas do pensamento complexo de Edgar Morin.

A *Revista Ciência Hoje* conta com trabalhos das diversas áreas da ciência, o que leva a matérias e reportagens mais abrangentes e inter-relacionadas. Os textos na revista estão divididos em dois tipos: artigos e seções. Os artigos apresentam uma abordagem ampla e aprofundada sobre temas de grande abrangência e interesse geral, enquanto as seções focalizam assuntos específicos. Esse último tipo de texto ainda é dividido em algumas categorias (CIÊNCIA HOJE, 2015), como:

- *O leitor pergunta*: Pesquisadores convidados pela redação respondem perguntas de leitores;
- *Mundo de Ciência*: comentários do colunista da seção sobre pesquisas relevantes de terceiros realizadas, em geral, no exterior e publicadas em revistas científicas, sendo uma seção feita pela redação da revista;
- *Pelo Brasil*: notas jornalísticas sobre temas atuais e pesquisas recentemente desenvolvidas em universidades brasileiras, sendo também uma seção feita pela redação da revista;
- *Fora do quadro*: textos encomendados pela redação destinados ao público do ensino médio (alunos e professores), comentando algum artigo da mesma edição e tendo como referência os parâmetros curriculares;
- *Opinião*: avaliação crítica de temas relacionados com ciência, política científica e tecnologia;
- *Polêmica*: debate entre cientistas que representem pontos de vista divergentes sobre temas polêmicos;
- *Crítica*: Resenha crítica de filmes/e ou peças de teatro sobre ciência ou ficção científica da atualidade. O objetivo é oferecer ao leitor uma análise sobre os conteúdos científicos apresentados no filme/peça em questão, indicando falhas ou deturpações (se houver);
- *Memória*: textos (de jornalistas e cientistas) sobre aspectos poucos difundidos da história da ciência;
- *Resenha*: apresentação crítica de um livro de interesse científico;
- *Ensaio*: reflexões sobre temas de interesse científico que não se encaixam, por seu caráter opinativo ou literário, como artigo. Entram também nesta

seção artigos de cunho histórico que não se enquadram na seção *Memória* por não tratarem de eventos comemorativos;

- *Colunas*: “A propósito”, “Exatamente”, “Cidade inteira”, “Linha do tempo”, “Qual o problema?” e “Sobre Humanos”. São feitas por colaboradores.

Selecionou-se o período de 2005 a 2014 para analisar toda e qualquer reportagem que apresentasse a temática do efeito estufa intensificado e/ou mudanças climáticas. O escaneamento das matérias foi feito lendo-se todas as revistas do período, buscando palavras como: mudanças climáticas; protocolo de Kyoto; gases estufa; gás carbônico; dióxido de carbono; gás metano; óxido nitroso e outros que se relacionassem com os temas escolhidos.

As reportagens foram separadas em categorias de análises para poder compreender quais traziam significativamente a temática do efeito estufa intensificado e mudanças climáticas de forma realmente complexa. As categorias foram pré-estabelecidas com base na Teoria da Complexidade de Edgar Morin da seguinte maneira:

- *Pensamento Fragmentado*: As reportagens elencadas nessa categoria são as que apresentam a temática do efeito estufa intensificado apenas abordando uma visão dentro de um único campo do conhecimento ou aquelas que não trazem qualquer tipo de inter-relações disciplinares e/ou de pensamento complexo;
- *Pensamento interdisciplinar*: Reportagens em que a problemática aparece com relações conceituais profundas de duas ou mais disciplinas, como: química, biologia, geografia, sociologia, história, física, economia, etc.;
- *Pensamento complexo*: Textos em que a questão do efeito estufa intensificado é tratada seguindo um dos princípios do pensamento complexo de Morin¹: sistêmico ou organizacional; dialógico; hologramático; do anel recursivo; do anel retroativo (ou feedback); da auto-eco-organização (autonomia/dependência); da reforma do pensamento.

Com o levantamento proposto, foi possível analisar como as reportagens sobre efeito estufa intensificado podem apresentar a ideia aos leitores e o quanto isso influencia ou não o desenvolvimento do pensamento complexo.

¹ Os princípios da complexidade propostos por Edgar Morin serão melhor discutidos no Capítulo três.

Os estudos teóricos foram importantes para buscar um panorama geral sobre a temática do aquecimento global como parte da educação ambiental, que também deve estar presente no nível superior, na perspectiva da HC e da complexidade. Reuniu-se materiais que embasaram os trabalhos que foram realizados com os licenciandos e que estão apresentados a seguir.

Atividades com os licenciandos

Como já mencionado, os caminhos para a coleta e análise dos dados seguiram a perspectiva da abordagem qualitativa (FLICK, 2009). No presente trabalho utilizou-se a análise de conteúdo, seguindo os desenvolvimentos propostos por Moraes (1999). A análise do conteúdo é uma ferramenta para interpretar o conteúdo de documentos proporcionando a compreensão de seus significados para além de uma leitura comum (MORAES, 1999).

De acordo com Moraes (1999), o material para análise do conteúdo pode ser proveniente de comunicação verbal ou não-verbal, por exemplo: cartazes, cartas, revistas, jornais, livros, gravações, entrevistas, filmes, vídeos e entre outros. Entretanto, os dados devem ser processados em cinco etapas: 1) Preparação das informações; 2) Unitarização ou transformação do conteúdo em unidades; 3) Categorização ou classificação das unidades em categorias; 4) Descrição; 5) Interpretação (MORAES, 1999).

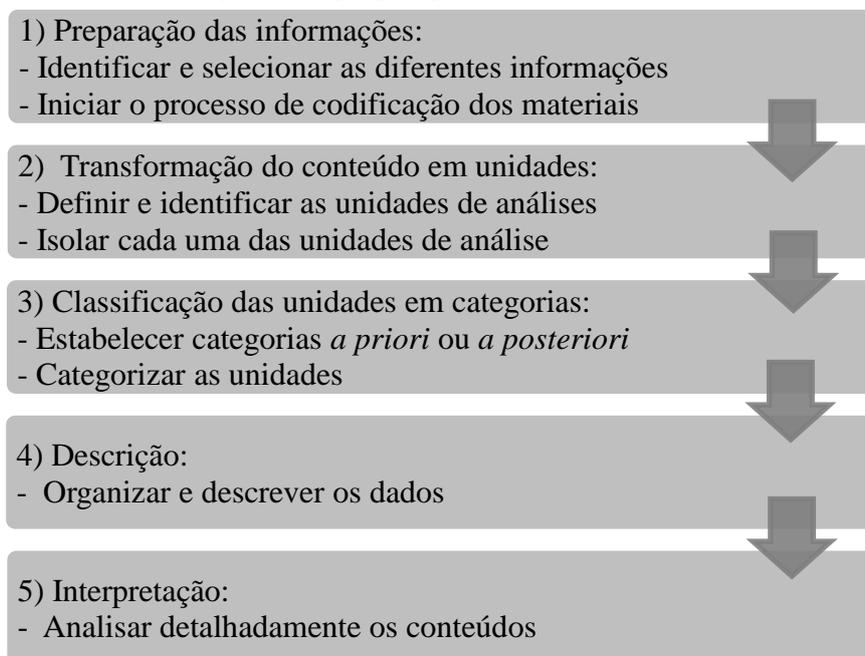
Já em posse dos dados, a primeira etapa consiste em identificar as diferentes amostras de informações a serem analisadas e selecionar aquelas que efetivamente corroborem com o objetivo da pesquisa. Em seguida, inicia-se o processo de codificação, ou seja, se estabelece um código que possibilite identificar rapidamente cada elemento dos materiais. A etapa de unitarização exige releitura dos dados a fim de definir a unidade de análise, podendo-se estabelecer códigos adicionais. As unidades podem ser palavras, frases, ou documentos na íntegra (MORAES, 1999).

O terceiro passo é a categorização que consiste em agrupar por semelhança ou analogia da unidade de análise, sendo a parte mais criativa do processo, pois representa o esforço de síntese dos dados. O estabelecimento das categorias pode ser feito *a priori* ou a partir dos elementos que emergem dos dados. Em ambos os casos, é necessário obedecer a um conjunto de critérios, como: categorias válidas, homogêneas e consistente (MORAES, 1999).

A quarta etapa é a descrição, que é a comunicação dos resultados das etapas anteriores. Para isso, pode envolver a organização de tabelas e quadros, apresentando as categorias construídas no trabalho, bem como usar citações diretas dos dados originais para embasar as discussões. Por fim, a interpretação é a compreensão mais profunda do conteúdo das mensagens por meio da análise dos dados. Importante ressaltar que as interpretações das categorias *a priori* são feitas com base na teoria que as fundamenta. Já as categorias construídas com base nos dados têm na própria construção da teoria uma interpretação (MORAES, 1999).

Para facilitar a compreensão dos processos envolvidos nas análises dos resultados, a Figura 2 apresenta as etapas propostas por Moraes (1999).

Figura 2: Etapas para processamento de dados



Fonte: Autoria própria.

Dessa forma, estão apresentadas a seguir a preparação das atividades realizadas com os licenciandos, juntamente com os respectivos instrumentos de coleta de dados. Logo após, são descritas as etapas da análise de conteúdo de Moraes (1999) propostas para a presente pesquisa.

Preparação das atividades

O material produzido nos estudos teóricos foi utilizado na preparação de aulas para duas turmas de alunos do último ano do curso de licenciatura em química, de uma universidade estadual do interior do Estado de São Paulo, nas disciplinas de estágio supervisionado, sendo possível acompanhar durante o período de um ano e meio, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1: Caracterização das disciplinas acompanhadas

Nome da disciplina	Alunos matriculados	Período acompanhado	Observação
Estágio Supervisionado em Ensino de Química I	15	1º Semestre de 2016	Acompanhamento como estagiária docente da professora responsável
Estágio Supervisionado em Ensino de Química II	20	2º Semestre de 2016	
Estágio Supervisionado em Química I	19		
Estágio Supervisionado em Química II	15	1º Semestre de 2017	Acompanhamento como docente responsável

Fonte: Autoria própria.

A escolha desse público no presente trabalho se deu por considerar a importância da História da Ciência e do pensamento complexo estarem presentes primeiro na formação de professores para então por meio deles chegar ao nível básico. As turmas foram escolhidas pela parceria com a docente responsável pelas disciplinas no curso de licenciatura em química. Até o segundo semestre de 2016, as atividades foram realizadas como estagiária docente e no semestre seguinte – 1º de 2017 – as atividades foram desenvolvidas acompanhando a turma como a docente responsável.

As disciplinas de *Estágio Supervisionado em Ensino de Química I* e *Estágio Supervisionado em Ensino de Química II* fazem parte do currículo 2901 do curso, enquanto as disciplinas *Estágio Supervisionado em Química I* e *Estágio Supervisionado em Química II* do currículo 2902, ambos extintos e substituídos pelo novo currículo, 2903. A mudança do currículo ocorreu devido a mudança na legislação. As quatro disciplinas possuem carga horária total de 180 h cada, sendo 60 h destinadas às discussões teóricas em sala de aula e as demais 120 h, às atividades práticas (SILVA, 2017).

A turma do *Estágio Supervisionado em Ensino de Química I* era composta por quinze licenciandos regularmente matriculados do último ano do curso. No semestre

seguinte, duas turmas foram acompanhadas: *Estágio Supervisionado em Ensino de Química II* e *Estágio Supervisionado em Química I*, sendo todos do último ano, tendo, respectivamente, vinte e dezenove licenciandos. Por fim, a disciplina *Estágio Supervisionado em Química II* contou com quinze alunos matriculados, em sua maioria no último ano de curso.

Para todas as turmas apresentou-se um termo de consentimento e informação no qual se explicou o que seria desenvolvido na pesquisa (Apêndice 1). Os licenciandos que se voluntariaram a participar estavam cientes de que a pesquisa não feriria a integridade pessoal e/ou coletiva e tão pouco os colocariam em situação de constrangimentos, possibilitando que retirassem a participação na pesquisa a qualquer momento que julgassem necessário.

As quatro disciplinas contaram com quinze semanas de atividades cada. Foi realizado um encontro presencial por semana com duração de quatro horas cada. O desenho curricular foi sendo traçado e avaliado a cada semestre, em cada disciplina. Isso possibilitou que mudanças e adaptações fossem feitas de uma turma para outra, avaliando todo o processo de investigação ao longo da execução, corrigindo possíveis demandas que fossem encontradas no decorrer do curso. Em todas as disciplinas as atividades foram planejadas utilizando-se em média 15% do tempo total de horas de cada turma.

Em algumas das aulas foram tratadas atividades conjuntas da disciplina com as da pesquisa. As demais aulas seguiram o cronograma da disciplina, ressaltando que foi possível trabalhar nos próprios encontros do curso, pois os planos de ensino das disciplinas de estágio supervisionado preveem discussões sobre História da Ciência, sobre diferentes formas de ensinar e sobre problemáticas no meio educacional. As atividades estão elencadas no Quadro 2.

Por constituírem um bloco de análise, as disciplinas foram designadas com as letras *A* e *B* e separadas na identificação com os números 1 e 2, para o primeiro e segundo estágio respectivamente. Assim, a turma de *Estágio Supervisionado em Ensino de Química I*, recebeu a sigla **E1A**, *Estágio Supervisionado em Ensino de Química II*, **E2A**, *Estágio Supervisionado em Química I*, **E1B** e *Estágio Supervisionado em Química II*, **E2B**. Alguns códigos já são apresentados com o intuito de facilitar o entendimento do leitor, mas vale ressaltar que o processo de codificação aconteceu juntamente com a escolha dos materiais que foram efetivamente utilizados na análise (primeira etapa proposta por Moraes, (1999)) e que serão apresentados mais adiante.

Quadro 2: Atividades desenvolvidas em cada disciplina

Disciplina	Aulas	Atividades	
Estágio Supervisionado em Ensino de Química I (E1A)	1 e 2	Atividades específicas da disciplina	
	3	Filme: <i>O ponto de mutação</i>	
	4	Atividades específicas da disciplina	
	5	História da Ciência e Ensino	
	6	Efeito estufa	
	7	Atividades específicas da disciplina	
	8	Discussões sobre complexidade	
	9	Orientações e planejamento dos minicursos	
	10	Discussão com artigos da <i>Revista Ciência Hoje</i>	
	11	Apresentação dos planos dos minicursos	
	12	Minicurso na escola (Bauru – SP)	
	13 a 15	Atividades específicas da disciplina	
	Estágio Supervisionado em Ensino de Química II (E2A)	1 a 4	Atividades específicas da disciplina
5		HC e ensino: reconstrução histórica do conceito de EE	
6		Atividades específicas da disciplina	
7		Abordagens temáticas: a interdisciplinaridade sob a ótica da complexidade	
8 e 9		Atividades específicas da disciplina	
10 e 11		Avaliação crítica do plano de aula e do minicurso	
12		Seminário das abordagens temáticas escolhidas	
13		Seminário das abordagens temáticas escolhidas	
14 e 15		Atividades específicas da disciplina	
Estágio Supervisionado em Química I (E1B)	1 e 2	Atividades específicas da disciplina	
	3	Teoria da complexidade e artigos da <i>Revista Ciência Hoje</i>	
	4	HC e ensino: reconstrução histórica do conceito de EE	
	5	Planejamento (plano de aula dos minicursos)	
	6	Complexidade - efeito estufa	
	7 e 8	Apresentação dos planos dos minicursos	
	9	Filme: <i>O ponto de Mutação</i>	
	10 a 12	Atividades específicas da disciplina	
	13	Apresentação dos minicursos remodelados	
	14	Minicurso na Escola (Pederneiras – SP)	
	15	Atividades específicas da disciplina	
	Estágio Supervisionado em Química II (E2B)	1 a 3	Atividades específicas da disciplina
		4	Avaliação crítica dos planos de aula dos minicursos
5 e 6		Avaliação crítica dos minicursos	
7 e 8		Atividades específicas da disciplina	
9		Apresentação da reestruturação dos minicursos	
10		Minicurso na Escola (Agudos – SP)	
11		Atividades específicas da disciplina	
12		Minicurso na Escola (Bauru – SP)	
13		Atividades específicas da disciplina	
14		Avaliação das atividades nas escolas	
15		Atividades específicas da disciplina	

Fonte: Autoria própria.

Instrumentos de coleta de dados e codificação

Para melhor compreensão, nesse momento os instrumentos de coletas de dados receberam as iniciais: A: avaliações; C: conjunto de um ou mais instrumento; D: discussões em sala de aula; F: questões e/ou discussões provenientes de filme; H: proposta de aula com a temática de História da Ciência; M: minicursos; P: plano de aula; Q: questões e/ou questionários (excluindo aqueles relacionados à filmes); S: seminários; T: produção textual.

O Quadro 3 apresenta as atividades desenvolvidas em *Estágio Supervisionado em Ensino de química I (E1A)* e *Estágio Supervisionado em Ensino de Química II (E2A)* com os respectivos instrumentos de coleta de dados, que estão descritos em seguida.

Quadro 3: Instrumentos de coleta de dados em E1A e E2A

Disciplina	Atividades	Instrumentos de coleta de dados	Código do Instrumento
Estágio Supervisionado em Ensino de Química I (E1A)	Filme: <i>O ponto de mutação</i>	Questionário	F1A
	História da Ciência e Ensino	Questões	Q1A
	Efeito estufa	Produção textual	T1A
	Discussões sobre complexidade	Discussões	D1A
	Orientações e planejamento dos minicursos	Plano de aula	P1A
	Discussão com artigos da <i>Revista Ciência Hoje</i>	Produção textual	T2A
	Apresentação dos planos dos minicursos	Plano de aula	P2A
	Minicurso na escola (Bauru – SP)	Gravação e/ou anotações	M1A
	Atividades específicas da disciplina	Trabalho final	T3A
Estágio Supervisionado em Ensino de Química II (E2A)	HC e ensino: reconstrução histórica do conceito de efeito estufa	Proposta de aula	H1A
	Abordagens temáticas: a interdisciplinaridade sob a ótica da complexidade	Discussões	D2A
	Avaliação crítica do plano de aula e do minicurso	Avaliação planos	A1A
	Apresentação (Seminário) das abordagens temáticas escolhidas	Plano de aula e seminários	P3A e S1A
	Apresentação (Seminário) das abordagens temáticas escolhidas		

Fonte: Autoria própria.

A primeira atividade referente à pesquisa realizada com os licenciandos foi a apresentação do filme *O Ponto de mutação* (PONTO, 1991), cuja direção é de Bernt Amadeus Capra e possui roteiro de Fritjof Capra e Floyd Byars, baseado no livro de mesmo título de Fritjof Capra (CAPRA, 1986). A atividade tinha como objetivo despertar os licenciandos para uma mudança na perspectiva de conhecimento de mundo, por meio do conceito trazido no filme de “pensamento ecológico”. Antes do início do filme, foi entregue um guia de análise do filme (Apêndice 2), com o intuito de direcionar o olhar dos licenciandos durante a execução do longa-metragem. As respostas que entregaram do roteiro de estudos é o instrumento codificado **F1A**.

A atividade seguinte foi a apresentação da importância da História da Ciência no ensino. Foi feita uma aula expositiva dialogada, em que se destacaram as perspectivas historiográficas, além de discutir a importância de se utilizar a HC no ensino de química. Os alunos realizaram a leitura integral do livro *O que é História da Ciência?*, de autoria de Alfonso-Goldfarb (2004) e ao final da aula responderam as questões: “Qual História da Ciência é necessária e qual a sua importância para o ensino de Ciências?”, sendo o instrumento codificado como **Q1A**.

Na aula seguinte, a temática trabalhada foi a do efeito estufa intensificado, cuja intenção da aula era provocar um debate sobre as visões controversas que o tema traz. Para isso, vídeos com posições políticas, econômicas e ambientais foram debatidos e discutidos (apêndice 3) e ao final, cada aluno entregou uma produção textual (**T1A**) com o resumo das discussões colocando seus pontos de vista sobre a temática.

Seguindo o roteiro das aulas, foi realizada uma discussão baseada em dois textos que trabalham a questão do pensamento complexo: *Os pensamentos da teoria da complexidade de Edgar Morin* (ESTRADA, 2009) e *Os sete saberes necessários à educação do futuro* (MORIN, 2002). Essa aula tinha por objetivo trazer as discussões iniciadas pelo filme *O Ponto de Mutação* e acrescentar os debates epistemológicos da teoria da complexidade dentro da temática do efeito estufa intensificado. As discussões foram registradas em caderno de pesquisa e codificada como instrumento **D1A**.

Em paralelo, os alunos foram desenvolvendo ao longo do semestre um plano de aula, cujo modelo se encontra no Apêndice 4, para execução dos minicursos na escola parceira. Algumas aulas foram destinadas para orientações, dúvidas, e apresentação do planejamento das atividades, desde a teoria até a mostra de atividades práticas. O primeiro plano desenvolvido pelos alunos recebeu o código **P1A**, enquanto a versão final, **P2A**.

Apresentou-se aos alunos textos de divulgação científica da *Revista Ciência Hoje* em que a temática do efeito estufa intensificado e/ou mudanças climáticas estavam presentes. Propôs-se uma forma de classificação dos textos em: pensamento fragmentado (aquelas que não trazem qualquer tipo de inter-relações disciplinares e/ou de pensamento complexo); pensamento interdisciplinar (relações conceituais profundas de duas ou mais disciplinas); pensamento complexo (segue um dos princípios do pensamento complexo de Morin). A turma foi separada em grupos em que cada um recebeu quatro reportagens pré-selecionadas da revista, com pelo menos uma reportagem pré-classificada como interdisciplinar e uma como pensamento complexo. A análise realizada por cada grupo foi codificada como **T2A**.

No plano de ensino das disciplinas de estágio é prevista a execução de minicursos elaborados pelos licenciandos, que devem ser desenvolvidos com duração de três horas e aplicados em Escolas Estaduais parceiras, da cidade de Bauru-SP e região. Em E1A, os minicursos foram executados em uma escola parceira no bairro Jardim Godoy, em Bauru-SP. A turma foi dividida em quatro grupos, que se organizaram e ministraram o minicurso cujo tema sugerido a ser trabalhado foi *efeito estufa intensificado* e cada grupo tinha autonomia para elaborar a aula. Apenas um grupo concordou ser filmado durante a execução do minicurso e as atividades dos demais grupos foram registradas por meio de anotações, recebendo o código **M1A**.

Por fim, a avaliação das atividades não foi discutida no cronograma do semestre devido à greve organizada pelos alunos e funcionários da universidade. As atividades seguintes foram executadas com reposições de atividades, conforme decisão conjunta entre os licenciandos e a docente responsável. Uma das atividades de reposição foi a elaboração de um texto (**T3A**) que deveria ser realizado no mesmo grupo em que o licenciado aplicou o minicurso. No trabalho, deveriam acessar a BNCC (Base Nacional Curricular Comum), fazendo uma análise da inserção do tema efeito estufa, comparando com as atividades realizadas nos minicursos e levando em consideração a complexidade do tema para o ensino de química e ciências.

Dando sequências as atividades do semestre anterior, a disciplina E2A começou com uma retomada das discussões sobre HC e efeito estufa intensificado. Foi apresentado a perspectiva histórica pelos trabalhos de personalidades como o brasileiro José Pinto de Azeredo (1766 – 1810), o francês Jean-Baptiste Joseph Fourier (1768-1830) e o sueco Svante August Arrhenius (1859-1927). O objetivo foi reforçar a importância da HC e o ensino e apontar possibilidades de se trabalhar com temas complexos de cunho ambiental

por esse viés. Ao final, os licenciandos elaboraram uma sequência de aulas em grupo em que incluía a proposta histórica dos estudos atmosféricos apresentados no texto (**H1A**).

Dedicou-se na disciplina E2A, a avaliação dos planos de aula elaborado pelos alunos no semestre anterior. Em um primeiro momento, os licenciandos analisaram um plano de aula genérico, extraído do portal Nova Escola (ROCHA; VICHESSI, 2013), seguindo o roteiro de sete questões (Apêndice 5). O objetivo era introduzir os estudantes para a autoavaliação que seria realizada na sequência, com os próprios planos de aula, seguindo o mesmo roteiro (**A1A**). A atividade foi importante pois tinha a finalidade de refletirem e apontarem possíveis caminhos de melhorias no próprio desenho didático-pedagógico que executaram.

A atividade da aula seguinte foi fundamentada nas discussões sobre a questão da abordagem temática no ensino. Tal demanda foi introduzida nas aulas para auxiliar os alunos na reflexão sobre trabalhar com temas pode ser uma alternativa em sala de aula para a perspectiva da complexidade. Nessa aula, os alunos fizeram a leitura conjunta em grupos, do texto de Watanabe-Caramello e Strieder (2011): *Elementos para desenvolver abordagens temáticas na perspectiva socioambiental complexa e reflexiva*. Ao iniciar a aula distribuiu-se aleatoriamente números de 1 a 4 aos alunos. Todos os alunos que receberam o número 1 se reuniram para ler a primeira parte, o número 2 a segunda e assim por diante. Ao terminarem a leitura em grupos juntaram-se em uma nova composição de grupo (um aluno de cada número) e fizeram um painel integrado com as ideias debatidas no grupo inicial. Ao final, houve uma roda de debates, registrada em caderno de anotações (**D2A**), sobre como aplicar as abordagens temáticas no ensino de química, com o apoio do texto de Halmenschlager (2011): *Abordagem temática no ensino de ciências :algumas possibilidades*.

Ao final os licenciandos planejaram uma proposta de aula (**P3A**) em que abordariam as questões complexas em alguma outra temática ambiental que não a efeito estufa intensificado. Para isso, se valeram das discussões sobre abordagem temática realizadas até então. Os licenciandos se dividiram em quatro grupos para fazerem as apresentações em forma de seminário (**S1A**) em dois dias de aula, finalizando o primeiro bloco de análises.

Com a experiência das atividades realizadas anteriormente nas disciplinas de E1A e E2A, uma nova proposta de atividades foi feita para as disciplinas de *Estágio Supervisionado em Química I* (**E1B**) e *Estágio Supervisionado em Química II* (**E2B**). Os instrumentos utilizados estão apresentados no Quadro 4.

Quadro 4: Instrumentos de coleta de dados em E1B e E2B

Disciplina	Atividades	Instrumentos de coleta de dados	Código do Instrumento
Estágio Supervisionado em Química I (E1B)	Teoria da complexidade e artigos da <i>Revista Ciência Hoje</i>	Produção textual	T1B
	HC e ensino: reconstrução histórica do conceito de efeito estufa	Questões HC	Q1B
	Planejamento (plano de aula dos minicursos)	Plano de aula	P1B
	Complexidade - efeito estufa	Discussões	D1B
	Apresentação dos planos dos minicursos	Plano de aula	P2B
	Filme: O ponto de Mutação	Questionário	F1B
	Apresentação dos minicursos remodelados	Plano de aula	P3B
	Minicurso na Escola (Pederneiras – SP)	Gravação	M1B
Estágio Supervisionado em Química II (E2B)	Avaliação crítica dos planos de aula dos minicursos	Avaliação do plano	A1B
	Avaliação crítica dos minicursos	Avaliação do Minicurso	A2B
	Apresentação da reestruturação dos minicursos	Plano de aula	P4B
	Minicurso na Escola (Agudos – SP)	Gravação	M2B
	Minicurso na Escola (Bauru – SP)	Gravação	M3B
	Avaliação das atividades nas escolas	Avaliação Final	A3B
	Atividades específicas da disciplina	Trabalho Final	T2B

Fonte: Autoria própria.

Comparando o Quadro 3 com o Quadro 4, nota-se uma diferença na ordem em que as atividades foram realizadas (conforme já apresentado no Quadro 2). O filme *O ponto de Mutação* (PONTO, 1991) foi utilizado no semestre anterior como o motivador das discussões e, na nova proposta didática, como um encerramento dos debates. O motivo que levou a tal mudança foi o feedback dado pelos alunos da turma anterior, que possibilitou melhorias na estrutura do planejamento disciplinar. Vale ressaltar que na E1B também foi utilizado o roteiro de estudos apresentado no Apêndice 2, sendo o instrumento codificado como **F1B**.

Iniciou-se as atividades de E1B com a apresentação da teoria da complexidade. Os alunos leram previamente o texto *Os sete saberes necessários à educação do futuro* (MORIN, 2002) para que em sala fosse feita a proposta de discussão sobre os fundamentos da complexidade no ensino. Além disso, foi realizada uma aula expositiva dialogada, ressaltando pontos que não haviam sido abordadas no texto lido, como os

princípios da teoria da complexidade. Complementando o aporte teórico das discussões, passou-se trechos do documentário *Coleção grandes educadores: Edgar Morin* (COLEÇÃO, 2006). Após as apresentações da aula, os alunos receberam textos previamente selecionados da *Revista Ciência Hoje*, que continham algum ponto de discussão com as temáticas de efeito estufa e mudanças climáticas. Cada grupo analisou as reportagens com a tarefa de classificar os artigos em pensamento fragmentado, pensamento interdisciplinar e pensamento complexo, atividade igualmente proposta em E1A. O objetivo era que com as respostas da atividade (**T1B**) os licenciados pudessem refletir sobre os saberes complexos em meios de divulgação científica e servir como aporte para utilizarem propostas como essas na elaboração dos minicursos.

A atividade da aula seguinte foi destinada aos debates sobre HC e ensino, tendo como plano de fundo a historização do efeito estufa. Decidiu-se trabalhar com estes estudantes apresentando inicialmente a historização, diferentemente do que planejado com a turma anterior. A aula foi elaborada com uma apresentação em que se discutiu desde as perspectivas historiográficas da HC até a utilização do conceito de efeito estufa em sala de aula. No final da aula, foram propostas três questões para reflexão: *De que forma introduzir história da ciência no ensino?*; *Como podemos utilizar a história do efeito estufa em sala de aula?*; *De que forma introduzir história da ciência nos cursos de formação de professores?* As respostas as questões foram codificadas como **Q1B**.

Na próxima aula da disciplina realizou-se a atividade que consistiu em retomar os debates sobre a complexidade e relacionar com a HC e o efeito estufa, uma vez que os estudantes já tiveram o contato com essas esferas do conhecimento. Assim, nessa aula as discussões se deram por meio de vídeos (Apêndice 3) sobre os debates em relação ao efeito estufa na mídia e, a partir disso, se discutiu a importância da complexidade e da HC no ensino. As anotações das discussões em aula formam o instrumento com o código **D1B**.

Para a elaboração dos minicursos, os estudantes ficaram livres para escolha do tema, tendo apenas a sugestão de ser na área de química ambiental. A decisão pela autonomia na escolha dos temas se deu pela demanda que os licenciandos apresentaram e a sugestão foi aceita para que se pudesse observar o quanto do discurso sobre a complexidade e das perspectivas historiográficas seria incorporado em cada minicurso, independente da temática selecionada. Na aula seguinte os estudantes apresentaram as primeiras propostas do plano de aula do minicurso (**P1B**), enquanto que algumas aulas foram destinadas para orientações da docente e colegas para cada grupo, ajustando os

planos (**P2B**). Os licenciandos puderam reformular e entregaram a versão final do plano de aula (**P3B**) nas aulas subsequentes. Novamente os licenciandos foram divididos em quatro grupos e os minicursos com duração de três horas foram apresentados em uma Escola Estadual parceira, no bairro Cidade Nova, em Pederneiras-SP. Todos os grupos autorizaram a filmagem da atuação no minicurso, constituindo o instrumento **M1B**,

As atividades realizadas no primeiro semestre de 2017 foram como professora responsável pela disciplina, adaptando novamente o cronograma para a pesquisa, sem deixar de realizar as atividades previstas pelo plano de ensino da E2B. A primeira aula relacionada diretamente a pesquisa foi destinada a avaliação crítica dos planos de aula que os licenciandos desenvolveram para o minicurso no semestre anterior, bem como a própria atuação deles em sala de aula. A avaliação ocorreu da mesma forma que em E2A: os licenciandos tiveram a oportunidade de avaliar primeiramente um plano genérico (o mesmo da disciplina E2A), seguindo o roteiro das sete questões apresentadas no Apêndice 5. Em seguida, avaliaram os próprios planos, utilizando o mesmo roteiro, tendo o instrumento codificado como **A1B**.

Os licenciandos tiveram acesso às imagens de vídeos de suas aulas durante a execução dos minicursos na Escola Estadual parceira em Pederneiras e foram disponibilizadas duas aulas para que cada grupo pudesse apresentar a autoavaliação em forma de apresentação oral. Foram feitas anotações das impressões de cada grupo (**A2B**) sendo uma atividade importante que possibilitou os futuros professores destacarem melhorias e pensarem em uma nova forma de planejar o conteúdo.

Na disciplina E2B, diferentemente da disciplina E2A, ocorreu o convite de duas escolas parceiras para a realização do minicurso. Sendo assim, os licenciandos reelaboraram os planos (**P4B**) e aplicaram os minicursos em dois momentos: o primeiro foi em uma Escola Estadual, localizada no bairro Jardim Europa em Agudos-SP, sendo gravados com a autorização dos licenciandos (**M2B**); e o segundo momento, em uma Escola Estadual do bairro Jardim Godoy em Bauru-SP, também gravados (**M3B**).

A aula seguinte ao último minicurso executado foi reservada para que os licenciandos apresentassem os feedbacks da atuação em sala de aula em ambas as escolas parceiras. As impressões foram anotadas em caderno de campo servindo como o instrumento codificado como **A3B**. Por fim, foi solicitado um trabalho final, cuja participação não seria levada em conta para a avaliação somativa da disciplina. Sendo assim, apenas três grupos entregaram o material, que tinha como tema de escrita a *Complexidade em sala de aula* (**T2B**). Com esse trabalho, pretendia-se avaliar os

discursos que foram incorporados pelos licenciandos ao longo de um ano de atividades com a temática.

Nota-se a quantidade de material coletado e a diversidade de documentos. De acordo com Moraes (1999), a primeira etapa de análise dos resultados é a preparação das informações e codificação. Assim, é necessário selecionar os instrumentos que levam a resposta da questão de pesquisa, e que estão apresentados a seguir.

Preparação das informações

Executando a primeira etapa (preparação das informações), ao término das atividades nas disciplinas e com os documentos resultantes, verificou-se por meio de leituras e refletindo sobre os objetivos do trabalho, quais poderiam ser as fontes de dados significativas para a pesquisa. Os dados selecionados foram os provenientes dos instrumentos descritos pelo Quadro 5, optando por não analisar os instrumentos que fossem unicamente anotações de discussões e materiais em que menos da metade dos licenciandos tivessem participado.

Quadro 5: Escolha dos instrumentos de coleta de dados

Disciplina	Instrumento de coleta	Código	Objetivo
E1A	Questões (HC)	Q1A	Identificar qual a percepção dos licenciandos com relação à HC e a sua possível utilização em sala de aula
	Produção textual (EE)	T1A	Identificar as relações entre discussões HC anteriores e como enxergam a problemática em seu contexto mais amplo
	Trabalho Final	T3A	Identificar as correlações entre EE, PC e HC a partir da BNCC e da autodescrição dos minicursos
	Plano de aula e gravação ou registros de observações (minicurso)	P2A + M1A = C1A	Identificar como os licenciandos planejaram e executaram suas ações levando em consideração as discussões sobre EE, HC e PC realizadas em aulas e identificar quais elementos presentes nas falas, posturas, e encaminhamentos de aula podem indicar a presença de PC a partir da HC
E2A	Proposta de aula de HC de EE	H1A	Identificar como os licenciandos podem inserir debates de um fato histórico em sala de aula em um contexto de aulas de química a nível médio.

(Continua)

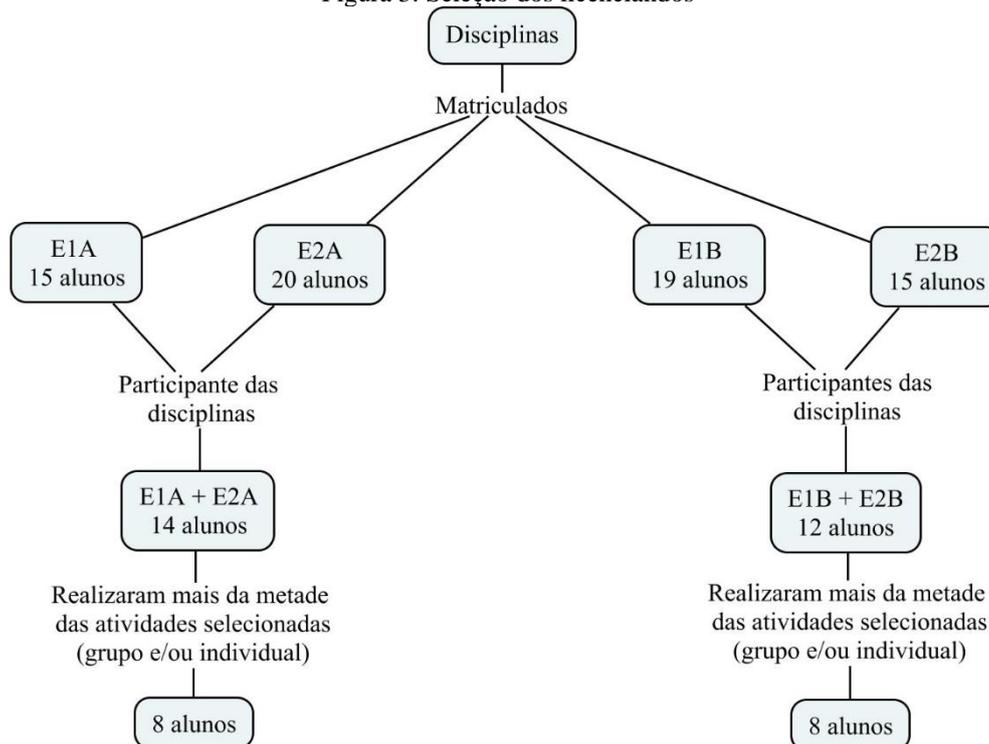
(Continuação)

Disciplina	Instrumento de coleta	Código	Objetivo
E1B	Análise reportagem CH	T1B	Identificar como os licenciandos descrevem sobre o pensamento complexo a partir da proposta de análise e classificação de textos de divulgação científica.
	Questões HC	Q1B	A partir das questões levantadas, identificar as percepções de ciência e HC dos licenciandos.
	Questionário (Filme)	F1B	Identificar quais pontos sobressaem na percepção de ciência, história da ciência e pensamento complexo.
	Plano de aula e gravação (minicurso)	P3B + M1B = C1B	Identificar como os licenciandos planejaram e executaram suas ações levando em consideração as discussões sobre HC e PC realizadas em aulas. Identificar quais elementos presentes nas falas, posturas, e encaminhamentos de aula podem indicar a presença de PC a partir da HC. Identificar também quais conexões com os impactos ambientais eles puderam fazer a partir da escolha da temática livre.
E2B	Trabalho final	T2B	Identificar as conexões entre história da ciência e pensamento complexo realizados pelos licenciandos.
	Plano de aula reconstruído	P4B + M2B + M3B = C2B	Identificar como os licenciandos planejaram e executaram suas ações levando em consideração as discussões sobre HC e PC realizadas em aulas. Identificar quais elementos presentes nas falas, posturas, e encaminhamentos de aula podem indicar a presença de PC a partir da HC.
	Gravação (minicurso 1)		
	Gravação (minicurso 2)		

Fonte: Autoria própria.

Além disso, foi preciso selecionar os alunos seguindo o critério: ter cursado o bloco E1A + E2A ou E1B + E2B. Essa seleção foi necessária, pois alguns alunos realizaram E1B concomitante com E2A e ainda outros que participaram de apenas uma disciplina do bloco. Contudo, frente ao grande número de material, utilizou-se outro critério de seleção, já utilizado para os instrumentos de coleta de dados: ter realizado a maioria das atividades. Sendo assim, o número de alunos caiu para oito em cada bloco de disciplina, conforme a Figura 3. Os alunos selecionados receberam codificações com letras minúsculas de **a** até **p**, por ordem alfabética e sequenciados a partir da turma A até a turma B.

Figura 3: Seleção dos licenciandos



Fonte: Autoria própria.

Os licenciandos do bloco E1A+E2A foram codificados de **a** até **h**, se agrupando assim: a, d, e, f: grupo 1 (**g1**); b, c, g, h: grupo 2 (**g2**). Enquanto para o bloco E1B+E2B, foram codificados das letras **i** até **p** da seguinte maneira: i, n, o: grupo 3 (**g3**); j, k, l, m, p: grupo 4 (**g4**).

Quando os códigos aparecerem são representados primeiramente identificando a disciplina, depois o instrumento de coleta de dados e por fim, o aluno ou grupo. Por exemplo, em *Estágio Supervisionado em Química I* (E1B), o *aluno n* que apresentou as respostas das *questões do filme* (F1B) é identificado como: **[E1B/F1B/n]**. Da mesma forma, o grupo (**g2**) de *Estágio Supervisionado em Ensino de Química I* (E1A) que apresentou o trabalho final fica: **[E1A/T3A/g2]**. Dessa forma, facilita o leitor identificar os códigos quando apresentadas as unidades de análise.

Transformação do conteúdo em unidades de análise

Para a etapa de transformação do conteúdo em unidades de análises, utilizou-se excertos de textos completos, frases, trechos de frases e até palavras que expressavam as ideias que pudessem responder os objetivos. As unidades foram separadas de forma a manterem seu contexto original. Assim, uma frase aparece em seu parágrafo, sendo

destacada a unidade com destaque sublinhado. Outro recurso utilizado para manter o significado completo foi expressões em itálico e/ou entre colchetes, quando não representava a fala ou colocação de um aluno ou grupo, ou seja, em itálico são destaques feito pela pesquisadora para deixar clara a compreensão do leitor. Esse recurso foi muito utilizado em transcrições de conversas dos licenciandos com alunos do ensino básico.

O Quadro 6 apresenta exemplos de cada tipo de unidade de análise utilizada. Vale ressaltar que algumas falas dos alunos foram ajustadas para manter a concordância verbal do texto. Isso se fez sem se perder o sentido da frase, apenas para permitir uma leitura mais fluida do conteúdo destacado.

As gravações de vídeo dos grupos selecionados somaram um total de quase 12h que foram assistidas em sua totalidade e transcritos apenas trechos significativos para identificação das unidades de análises. O mesmo foi realizado com os documentos, em que os trechos foram organizados dando destaque as unidades. Dessa forma, as unidades foram sistematizadas em quadros para análise da etapa seguinte: a caracterização.

Quadro 6: Tipo de unidades de análise

Tipos de unidades de análise	Exemplo
Excertos de textos completos	<p>[E1B/C1B/g4] <i>Licenciando j</i>: Então para vocês o melhor combustível é...?</p> <p><i>Aluno</i>: O mais barato.</p> <p><i>Licenciando j</i>: E qual é o mais barato?</p> <p><i>Alunos</i>: Etanol.</p> <p><i>Licenciando m</i>: E por que ele é o mais barato? Vocês sabem?</p> <p><i>Alunos</i>: Porque ele é de planta?</p> <p><i>Licenciando m</i>: <u>Olha aqui na região de vocês: Macatuba, Pederneiras, Lençóis Paulista... O que tem muito aqui do lado?</u></p> <p><i>Alunos</i>: Cana.</p> <p><i>Licenciando m</i>: Cana-de-açúcar. E o que a cana-de-açúcar tem a ver com o etanol?</p> <p><i>Aluno</i>: O álcool é feito da cana-de-açúcar</p> <p><i>Licenciando m</i>: O Brasil é o país que mais produz etanol por causa da cana-de-açúcar</p> <p><i>Licenciando k</i>: <u>Gente, o Brasil é o país que tem o melhor rendimento de produção de etanol com cana-de-açúcar. Os outros países fabricam a partir da beterraba, do milho... São outras fontes de se obter o etanol. Mas o Brasil tem o melhor no mundo.</u></p> <p><i>Alunos</i>: Do milho?</p> <p><i>Licenciando k</i>: Sim, do milho. Todos eles produzem açúcar.</p> <p><i>Licenciando m</i>: Os Estados Unidos são os maiores de etanol e eles usam o milho.</p>

(Continua)

(Continuação)

Tipos de unidades de análise	Exemplo
Frases	[E1B/F1B/1] Sonia disse que o seu trabalho ela gostaria que fosse voltado para o bem, para uso cirúrgico por exemplo, em outros momentos como no relógio por exemplo ela diz que a ciência evoluiu a ponto de ficar muito pequeno, porém ela ficou muito desapontada ao saber que suas descobertas estavam sendo usadas de maneira armamentista. <u>Hoje a ciência existe para desenvolver meios mais rentáveis para a indústria.</u>
Trechos de frases	[E1B/F1B/n] Outro exemplo muito bom é quando eles discutem sobre a medicina e sua melhoria, que embora tenha tido muitos avanços, <u>ela é cara e acaba sendo restrita para alguns</u> e ela não visa a cura da doença e sim evita a doença por um período.
Expressões	[E1A/Q1A/b] É necessária uma história da ciência que se mostre como um <u>instrumento motivador</u> e desafiador, fazendo com que quando fosse contada inspirasse aos ouvintes a seguir o mesmo caminho.

Fonte: Autoria própria.

Categorização, descrição e interpretação

A etapa seguinte à transformação do conteúdo em unidades de análise consiste na categorização, que foi realizada agrupando as unidades por semelhança ou diferenças. Além disso, as categorias foram criadas de acordo com a apresentação dos dados, ou seja, foram categorias *a posteriori*. Dessa maneira, é possível encontrar alguns trechos ou frases presentes em diferentes unidades de análise e, por consequência, em diferentes categorias.

O quarto passo é a descrição das classificações feitas. Neste trabalho, optou-se por apresentar em forma de quadros, que contêm a categoria e o extrato representativo da unidade de análise. Sendo assim, por ser tratar de uma pesquisa qualitativa, o quadro não necessariamente contém todas as unidades possíveis para uma determinada categoria, mas algumas que justificam a sua criação.

Por fim, o último passo é a interpretação do quadro. Para Moraes (1999), a quinta parte do processo é uma das mais importantes, pois é aqui que são apresentadas as verdadeiras análises sobre os dados tratados. No presente trabalho, optou-se por

interpretar o quadro comparando-o com categorias pré-determinadas da teoria da complexidade de Edgar Morin e dos princípios da HC. Etapa fundamental para compreender, gerar relações e buscar respostas para a questão de pesquisa e, portanto, apresentada em forma de capítulo específico, o Capítulo 5 da presente tese.

CAPÍTULO 2: EFEITO ESTUFA INTENSIFICADO E MUDANÇAS CLIMÁTICAS: MOTIVADOR DAS DISCUSSÕES DO PENSAMENTO COMPLEXO E HISTÓRIA DA CIÊNCIA

Sabe-se que a atmosfera terrestre teve mudanças significativas desde antes da existência de vida no planeta, passando de uma atmosfera majoritariamente redutora (grandes concentrações de dióxido de carbono, CO₂) para uma atmosfera oxidante (grandes concentrações de oxigênio, O₂), como se encontra atualmente. Porém, vários fenômenos naturais ocasionam mudanças significativas na concentração de gases traços², como erupções vulcânicas, variações no brilho do Sol ou manchas solares, incêndios naturais, entre outros. Os gases traços são responsáveis por manter a temperatura global como se conhece hoje, no chamado efeito estufa. Este é um fenômeno natural e imprescindível para vida na Terra, pois sem ele, a temperatura média terrestre seria de -18°C, ou seja, 33°C a menos do que se tem atualmente (BAIRD, 2002).

Entretanto, o fenômeno que preocupa os cientistas e demais especialistas na área, é o aumento significativo dos gases traços nos últimos séculos, que absorvem luz infravermelha, resultando no redirecionamento de maior quantidade de energia infravermelho refletida, o que pode aumentar a temperatura média da superfície terrestre. Esse fenômeno é denominado de efeito estufa intensificado, para distinguir dos seus efeitos naturais (BAIRD, 2002).

O efeito estufa intensificado, ou também chamado de agravamento do efeito estufa, significa o possível aumento da temperatura média global do ar. Contudo, o fenômeno de aquecimento global devido ao agravamento do fenômeno natural ainda não foi observado de maneira a convencer a todos os especialistas de sua existência, apesar de muitos cálculos e evidências já terem apontado para a problemática.

A questão da mudança climática, em especial o que se relaciona com a intensificação do efeito estufa, envolve muitas áreas do conhecimento e muitas discussões. Planos de ações têm sido realizados em todo o mundo, desde o século XIX, a fim de minimizar as causas e efeitos do fenômeno. Desde então, a comunidade científica começou a se questionar mais sobre os efeitos, embora o assunto ainda permanecesse em

² A atmosfera terrestre é composta em sua grande parte pelos gases nitrogênio (N₂), oxigênio (O₂) e argônio (Ar). Os demais gases presentes são referidos como gases traços, entre os quais estão incluídos os gases do efeito estufa: vapor de água (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) ozônio (O₃) e outros (BAIRD, 2002).

pequenos grupos. Um dos primeiros alertas sobre a ocorrência do processo de mudanças climáticas, devido a ação humana, foi realizado na década de 1950. Mas somente trinta anos mais tarde é que estas preocupações começaram a crescer na sociedade (BARCELLOS et al, 2009).

O dióxido de carbono, apontado como um dos principais causadores do efeito estufa intensificado, vem crescendo a uma taxa de 0,4% ao ano e o metano (CH₄) a 1% ao ano. Outros gases, como os clorofluorcarbonos (CFC), também têm a concentração aumentada na atmosfera em taxas preocupantes (5% ao ano) nas últimas décadas (JARDIM, 2001). Ao que tudo indica, estas mudanças nas concentrações dos gases traços na atmosfera têm como grande causa a ação humana. No entanto, a influência destas ações sobre o clima é bem complexa e diz respeito aos bens de consumo, tipos de energias produzidas e combustíveis utilizados, questões políticas, econômicas, sociais e até culturais (JACOBI et al, 2011).

Alguns acontecimentos nas décadas de 1960 e 1970 marcaram de maneira significativa as preocupações com questões ambientais e, no caso, das mudanças climáticas foram: o lançamento do livro *Primavera Silenciosa* de Rachel Carlson, em 1962; surgimento do primeiro grupo a discutir sustentabilidade, meio ambiente e limites de desenvolvimento, denominado o *Clube de Roma*, em 1968; a Conferência de Estocolmo em 1972; a Declaração de Tbilisi em 1977, entre outros.

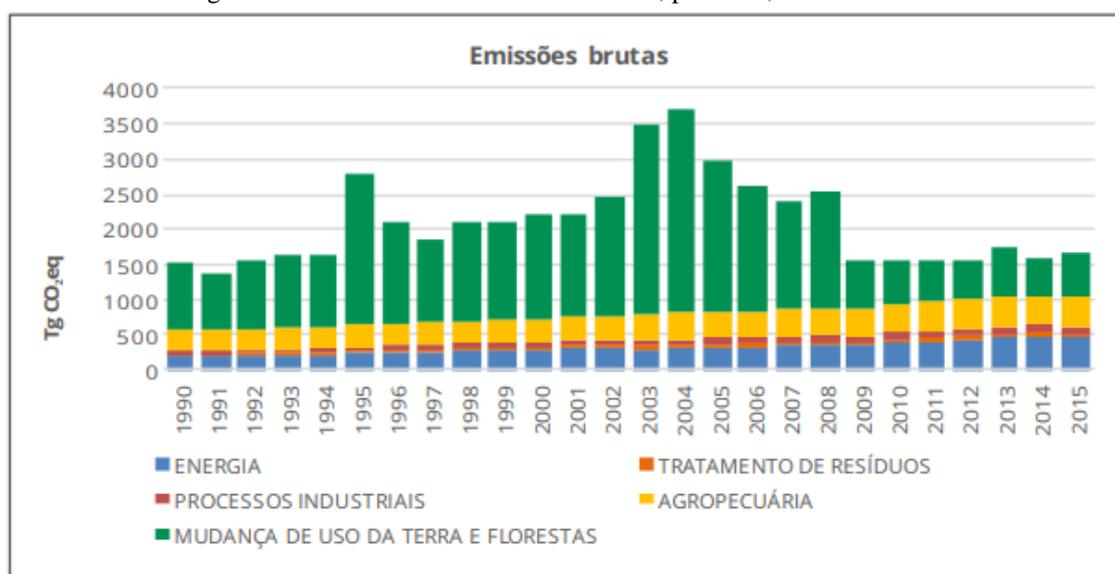
Na década de 1990, devido aos modelos que permitiram avaliar a contribuição de componentes naturais e antropogênicos sobre as variações do clima, foi publicado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) o primeiro relatório global sobre as mudanças climáticas. Várias outras ações de cunho mundial foram realizadas nesta época, como por exemplo a ECO-92, ocorrida no Rio de Janeiro (Brasil), que trouxe a pauta das questões do aquecimento global. Na década seguinte, o tema das mudanças climáticas teve discussões mais frequentes devido ao quarto relatório realizado pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas³ (*Intergovernmental Panel Climate Change - IPCC*) e ao documentário *An Inconvenient Truth* (Uma verdade inconveniente), ganhador do Oscar (BARCELLOS et al, 2009).

³ O IPCC foi criado em 1988 por iniciativa da Organização Meteorológica Mundial (WMO) e do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Seu objetivo é organizar uma base de dados sobre o fenômeno do aquecimento global (JACOBI et al., 2011). Os relatórios são publicados baseados na revisão de pesquisas de mais de 4000 cientistas de todo o mundo (REIS, 2013).

Tal como outros países do BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul), o Brasil é uma grande economia emergente, o que implica em mais investimentos em produção de energia para produção de bens (DAYRELL; URRY, 2015). De acordo com Dayrell e Urry (2015), embora o país seja o sexto maior emissor de gases de efeito estufa, suas emissões com base em combustível fóssil são baixas para os padrões globais, sendo grande parte delas resultantes da sua agricultura e desmatamento.

Em 2005, o desmatamento foi responsável por 70% da emissão dos gases de efeito estufa (GEE) totais do Brasil, enquanto 14% provinham da agricultura. Depois da implementação de leis mais rigorosas no país⁴, as taxas de desmatamento caíram para 27% dos GEE totais em 2010, mas a agropecuária tornou-se a principal fonte, com 32% no mesmo ano. Em 2015, as porcentagens foram de 24% no desmatamento e 31% na agricultura, conforme Figura 4 (BRASIL, 2017).

Figura 4: Emissões brutas de GEE no Brasil, por setor, de 1990 a 2015



Tg: milhões de toneladas; CO₂ eq: equivalente de dióxido de carbono (medida usada para comparar as emissões de gases de efeito estufa com base no seu potencial de aquecimento global) segundo a métrica usual do Potencial de Aquecimento Global (*Global Warming Potential*– GWP).

Fonte: BRASIL, 2017, p. 10.

Alguns especialistas colocam a Amazônia como ponto central deste cenário, uma vez que, nas últimas décadas, o ecossistema em questão passou por significativas mudanças nos padrões de uso do solo, queimadas e desmatamento devido a intenso

⁴ O Brasil instituiu a Política Nacional sobre a Mudança do Clima (PNMC), por meio da Lei no 12.187/2009, que define o compromisso nacional voluntário de adoção de ações de mitigação com vistas a reduzir suas emissões de gases de efeito estufa (GEE) até 2020 (BRASIL, 2017, p. 7).

processo de ocupação humana acompanhado de pressões econômicas nacionais e internacionais (BARCELLOS et al, 2009).

Com as propostas políticas do Governo eleito em 2019, a previsão é que maiores áreas sejam desmatadas em prol do desenvolvimento do agronegócio, com o fortalecimento da bancada ruralista (CASTILHO, 2018). Soterroni e colaboradores (2018a), realizaram simulações matemáticas do desmatamento amazônico em casos das propostas políticas do atual governo serem colocadas em práticas, como: a junção do Ministério do Meio Ambiente (MMA) com o Ministério da Agricultura, a redução do trabalho de fiscalização por órgãos competentes, diminuição das áreas de preservação indígenas e a saída do Brasil do acordo climático de Paris. Os pesquisadores apontam que a perda média anual de floresta primária na Amazônia aumentará rapidamente para 25,6 km² por ano – um número semelhante às taxas de desmatamento medidas no início da década de 2000 e um aumento de 268% em relação a 2017. As emissões de carbono aumentariam à medida que o desmatamento aumentasse, e poderia atingir uma média de 1,31 gigatoneladas de dióxido de carbono equivalente (GtCO₂eq) por ano, tornando praticamente impossível para o Brasil cumprir seus compromissos internacionais (SOTERRONI et al, 2018b).

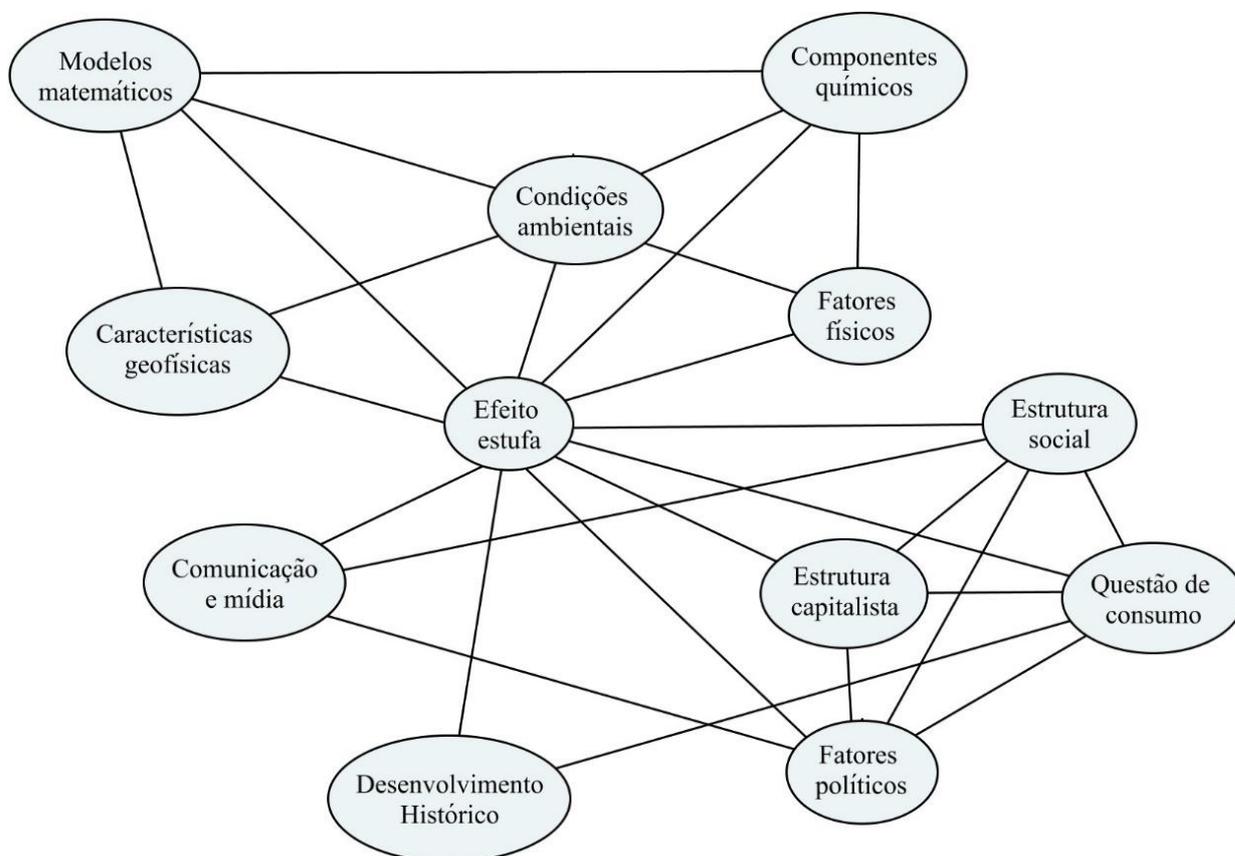
As várias dimensões envolvidas nas questões ambientais brasileiras têm provocado um constante debate sobre as influências nas mudanças climáticas, nos níveis local, regional e global. Como ressaltam Barcellos e colaboradores (2009), as mudanças no clima refletem o impacto de processos socioeconômicos e culturais, como o crescimento populacional, a urbanização, a industrialização e o aumento do consumo de recursos naturais.

A questão da produção de biocombustíveis no Brasil é um exemplo de como as mudanças climáticas no cenário mundial não se restringem apenas à uma esfera do conhecimento. O país é um dos maiores produtores de cana-de-açúcar e grande parte da produção é destinada a fabricação do etanol, combustível avaliado como pouco poluente e pouco prejudicial à atmosfera. Contudo, alguns países economicamente mais desenvolvidos acusam o Brasil de desmatar grandes áreas de cerrado para a produção da cana (ABRAMOVAY, 2009), o que, dadas as proporções, causa um efeito danoso na atmosfera maior do que a utilização de combustíveis fósseis. Por outro lado, estudos apontam que a produção brasileira não utiliza ou utilizou-se de desmatamento do cerrado para a produção da matéria-prima, sendo talvez argumentos colocados com a finalidade de boicotes nos acordos comerciais do produto (ABRAMOVAY, 2009). Dessa forma,

existe na questão dos biocombustíveis um jogo de interesses econômicos e políticos envolvidos, que vão muito além das questões ecológicas e ambientais das mudanças climáticas. Esse é um exemplo da grande complexidade que o tema traz.

A temática do efeito estufa intensificado e das mudanças do clima fomentaram as discussões e nortearam os debates em sala de aula. Conforme já explicado anteriormente, a intensificação do efeito estufa é um assunto que engloba muitas esferas do conhecimento e é um tema complexo por si só. Desassociar um componente para estudo sem interligá-lo com os demais é fortalecer o que já se tem hoje: o pensamento simplista e fragmentado. A Figura 5, representado por um grafo⁵, aponta para um exemplo de como a temática do efeito estufa intensificado é uma rede de conexões em diversas esferas.

Figura 5: Exemplos das conexões em rede complexa do tema EE



Fonte: Autoria própria.

⁵ O esquema apresentado na Figura 5 é denominado grafo, que é uma estrutura que equivale a um conjunto de objetos em que alguns pares de objetos são, de algum modo, relacionados. Os objetos representados por círculos são chamados nós e as linhas que os conectam, de arestas.

Mudanças no clima e Educação Ambiental Crítica

Por ser uma temática tão presente e que ainda causa controvérsias no meio científico é recomendado que os debates estejam em sala de aula e em diversos meios de divulgação científica, como revistas e canais de telecomunicação em geral⁶. Dentro das escolas e outros centros educacionais, o tema do efeito estufa e seus fatores de agravamento estão contemplados pelas leis brasileiras que regulamentam a educação ambiental (EA).

A questão das mudanças climáticas tem maior força institucional e como política pública no período de 2003 a 2009, por conta da articulação entre o Ministério da Educação (MEC) e o Ministério do Meio Ambiente (MMA), em que foi promovido um Órgão Gestor (OG) da Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA) criado com a regulamentação da lei n.9.795/99. Essa e outras propostas foram decisivas para a execução das ações de EA no âmbito do governo federal, estadual e municipal e na educação formal e não formal (JACOBI et al, 2011).

De acordo com a mesma lei, a EA é um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal. A EA deve ser realizada pelo poder público, instituições educativas, meios de comunicação, empresas e demais instituições e a sociedade em geral (BRASIL, 1999).

Vários autores consideram hoje que as questões ambientais aplicadas em sala de aula vão além da educação ecológica, ou seja, o meio natural e a EA não se reduzem à esse ponto. Existe alguns fatores que devem ser levados em consideração, como as questões: científicas, tecnológicas, ecológicas, culturais, econômicas, políticas e sociais.

Lima (2004) aponta que é necessário explicitar as concepções que orientam as propostas de educação ambiental por meio de uma diferenciação crítica de seus significados políticos e éticos para facilitar a tomada de decisão dos educadores. Nesse sentido, o autor coloca a importância das competências das ciências humanas/sociais num

⁶ É importante deixar claro aqui o que se entende por divulgação científica. De acordo com Silva, H. (2006), a divulgação científica vai além do que somente divulgar ciência para o chamado público leigo. Ela remete também a uma discussão sobre linguagem científica, história da ciência e natureza da ciência. O autor ressalta também a questão da divulgação da ciência entre os pares. Neste trabalho é muito importante ressaltar que até mesmo entre os pares a temática do efeito estufa intensificado e do aquecimento global se torna um tema com controvérsias (questão que será discutida mais adiante). Porém, para fins da pesquisa, o presente trabalho objetivou as discussões sobre divulgação científica no que se refere as revistas, jornais e imprensas de telecomunicação destinado ao público dito leigo.

debate antes só promovido pelas ciências naturais. Independentemente de qual nomenclatura adotar, é importante ter claros os objetivos que se deseja alcançar por meio das propostas educativas, a fim de definir de maneira clara as compreensões sobre a temática ambiental (REIS, 2013).

De acordo com Silva (2008), é muito importante que a prática pedagógica da educação ambiental ajude a sociedade a romper com a visão fragmentada sobre o meio ambiente. Ele é um sistema que leva em conta a multidimensionalidade biológica, social e cultural. A prática pedagógica não diz respeito apenas à educação formal, fechada entre os muros da escola (GUIMARÃES, 2004), mas também àquela que está disponível para toda a sociedade.

Na crítica à atual forma de compreensão fragmentada do mundo, Guimarães (2004) aponta uma crise que vai além das crises ambientais, que segue o modelo de sociedade: uma crise civilizatória. Nesta perspectiva, a EA dita conservadora pelo autor se limita a esta visão de mundo fragmentada, simplificando e reduzindo-a, perdendo a riqueza e a diversidade da relação. A perspectiva crítica colocada por Guimarães não é uma evolução conceitual daquela dita conservadora, mas sim uma contraposição.

Geralmente, nas práticas educativas relacionadas à EA, quando se propõe a trabalhar com conceitos relativos às mudanças climáticas, há o predomínio de uma visão meramente conteudista, considerada totalmente ingênua e ilusória (REIS, 2013). De acordo com o relatório de 2009 produzido pela *International Alliance of Leading Education Institutes* (IALEI 2009⁷, apud JACOBI et al, 2011), do ponto de vista pedagógico, as mudanças climáticas representam uma grande questão para promover a capacidade de organizar a aprendizagem em torno de problemas caracterizados por dinâmicas complexas.

No ano de 2009, ocorreu no Brasil um encontro com educadores ambientais com o objetivo de contribuir para o debate nacional da interface Educação Ambiental / Mudanças Climáticas (JACOBI et al, 2011). Apesar de a temática ser muito importante, ainda é pouco explorada. Em sua dissertação, Reis (2013) identificou quais os aspectos (políticos, econômicos, sociais e/ou científicos) do tema mudanças climáticas são destacados pela produção teórica de EA (teses e dissertações que tratam sobre o tema) e investigou se os materiais encontrados compreendem a referida temática como complexa

⁷ IALEI. International Alliance of Leading Education Institutes. **Climate Change and Sustainable Development: The Response from Education: a crossnational report from International Alliance of Leading Education Institutes.** Denmark: IALEI, dec. 2009.

– dentro da teoria do autor francês Edgar Morin. Por meio do mapeamento de teses e dissertações no período de 1987 a 2010, a autora analisou 11 trabalhos por completo e evidenciou a predominância da ideia de catástrofe, certeza e consenso quando o assunto está relacionado às mudanças do clima. A autora fez as análises baseada na teoria da complexidade de Morin e constatou que a complexidade dos modelos climáticos foi apresentada em poucos textos.

Fica evidente que as questões ambientais vêm sendo cada vez mais discutidas na sociedade, sendo o aquecimento global e o efeito estufa intensificados temáticas relevantes no cenário nacional e mundial. Temas como estes, que não envolvem somente questões ambientais, mas também sociais, políticas e econômicas, precisam de uma maior compreensão pública. A EA, na esfera escolar ou não, tem grande impacto para a discussão destas temáticas com a sociedade de maneira a formar cidadãos reflexivos sobre as questões socioambientais. Para as discussões fora dos muros da escola, a mídia acaba desempenhando um papel importante, pois além da capacidade de divulgar informações ela pode contribuir para a “priorização do tema na esfera pública e para a fiscalização tanto das ações, programas e políticas de foco climático quanto do desempenho dos responsáveis, definição e implementação de tais medidas” (ANDI, 2010, p. 5).

O papel da mídia na divulgação científica do efeito estufa e mudanças climáticas

A maioria da população não tem acesso à relatórios científicos, relatórios como os do IPCC ou sites especializados, ressaltando a importância da imprensa na comunidade. A mídia ainda é a principal fonte de informação e de opinião para milhões de pessoas, seja pelos jornais, revistas, rádio, televisão ou internet. Devido à grande importância dos meios de comunicação, é interessante investigar a cobertura de temas tão complexos como as questões climáticas.

Boykoff e Rajan (2007) apontam que a intersecção das questões científicas do clima com mídia começou na década de 1950 com uma publicação intitulada *Is the World Getting Warmer?* (O mundo está ficando mais quente?), no Reino Unido. De acordo com os mesmos autores, nas duas décadas seguintes, a cobertura da mídia sobre a ciência do clima permaneceu escassa. Somente na década de 1980 é que as esferas da mídia e questões climáticas se cruzaram com destaque, pois vários eventos e fatores contribuíram para o aumento da cobertura e preocupação. Assim, estudar os trabalhos da imprensa com relação às questões climáticas é uma atividade que vem ganhando espaço.

Vale destacar que a cobertura da mídia também desempenha papel importante na percepção pública e, por meio dela, a compreensão de como a ciência é traduzida em políticas, sobretudo no que diz respeito ao ambiente e as novas tecnologias (BOYKOFF; RAJAN, 2007). A imprensa tem a capacidade de colaborar na seleção dos temas que estarão no topo da lista de prioridades da população em geral e, mais especificamente, dos tomadores de decisão (ANDI, 2010). Como citado, a mídia é muitas vezes o único canal de informação da população, no qual o público confere mais ou menos importância às mudanças climáticas, por exemplo, de acordo com a cobertura oferecida.

Frente a toda a importância midiática na sociedade, é necessário que a qualidade da discussão jornalística na cobertura sobre a mudança climática. Entretanto, muitos jornalistas enfrentam dificuldades para realizar a cobertura do tema, como aponta Shanahan (2009): falta de treinamento dos repórteres; falta de apoio dos editores; acesso limitado à informação e aos entrevistados. Em entrevista com mais de 100 jornalistas de 35 países o pesquisador constatou outros pontos importantes, tais como: apenas 31% recebeu treinamento formal sobre o assunto; há falta de peritos locais que estejam preparados para falar com jornalistas; recursos insuficientes para viajar para áreas remotas ou em conferências relevantes; dificuldades para acessar as informações.

Para Shanahan (2009) outras formas de informação poderiam ajudar os jornalistas a informar sobre as mudanças climáticas, sendo que a tradução das informações para as línguas locais é a chave para garantir que a cobertura das mudanças do clima não fique restrita às elites. Filmagens e fotografias também são sugeridas pelo autor com a finalidade de atingir a maior parte da população de uma determinada localidade.

Diante das dificuldades, para analisar as publicações da mídia na temática das mudanças climáticas e do aquecimento global é necessário levar em conta esses fatores nas análises. Alguns pontos estudados são: a frequência com que o assunto se mantém na agenda; o enquadramento dado à problemática (se de caráter ambiental, econômico, político, etc.); e o grau de consciência⁸ de cada notícia (ANDI, 2010). Assim, os meios de comunicação desempenham grande responsabilidade social, uma vez que a população toma conhecimento de serviços de relevância pública por meio da imprensa, podendo cobrar ações governamentais efetivas (ANDI, 2010).

Outro ponto que costuma ser analisado ao estudar a mídia e as mudanças climáticas é a questão dos fatores de riscos e incertezas. Como grande parte do debate

⁸ Grau de consciência, ou grau de responsabilização, é a transparência e a capacidade de resposta e de prestação de contas diante do leitor (ANDI, 2010).

sobre as mudanças climáticas diz respeito ao futuro, é inevitável envolver graus de incerteza sobre o momento e a gravidade dos possíveis impactos (PAINTER, 2013). Diante disso, a imprensa não pode apenas apresentar as certezas existentes sobre as questões climáticas, mantendo o *status quo*, é preciso dar foco também às divergências de abordagem relacionadas ao tema (ANDI, 2010; LIEBER; ROMANO-LIEBER, 2003). Tal exclusão muitas vezes encobre os fatores de risco colocados na temática, que é uma parte essencial da experiência cotidiana (LIEBER; ROMANO-LIEBER, 2003). Os riscos associados às mudanças climáticas globais devem ser avaliados levando-se em conta o contexto complexo das questões econômicas, sociais, políticas e culturais (BARCELLOS et al, 2009). Portanto, é importante usar a linguagem de risco nos meios de comunicação, pois desloca o debate público para longe da ideia de que as decisões devem ser adiadas até prova conclusiva ou até certezas serem obtidas (PAINTER, 2013).

Pensando na temática em revistas brasileiras especializadas em divulgação científica, a questão do agravamento do efeito estufa e mudanças climáticas merecem questionamentos com relação a sua forma de apresentação à população, uma vez que são questões complexas, de múltipla interpretação (ANDI, 2010). Para analisar esses parâmetros são necessários conhecimentos articulados, na busca da construção de uma visão de mundo mais integrada.

Com a intenção de compreender como a divulgação do tema tem sido feita no Brasil, sob um olhar complexo de Edgar Morin, foi realizado um levantamento nas reportagens da *Revista Ciência Hoje* no período de 2005 a 2014 em que se analisou cada texto quanto a sua característica interdisciplinar e complexa. Levou-se em conta os princípios do pensamento complexo, que visam articular diversos saberes compartimentados nos variados campos do conhecimento sem perder a particularidade de cada fenômeno (MORIN, 2002). Escolheu-se tal revista pela característica de ser um meio de divulgação científica que está presente em escolas e bibliotecas, além de grande parte das reportagens estarem disponíveis para não assinantes no website.

No período de estudos foram analisadas todas as reportagens, número a número de cada ano da revista, selecionando toda e qualquer matéria (de qualquer artigo ou seção da revista) que apresentasse o termo efeito estufa e demais correlatos.

Conforme já explicado, as reportagens foram separadas em categorias de análises para poder compreender quais apresentam significativamente a temática do efeito estufa intensificado e das mudanças climáticas de forma realmente complexa. As categorias

foram pré-estabelecidas da seguinte maneira: *Pensamento Fragmentado*; *Pensamento interdisciplinar*; *Pensamento complexo*.

A temática é relativamente presente na revista, aparecendo em vinte e um textos, sendo alguns de grande destaque, tornando-se a reportagem de capa em três edições – novembro/2005, março/2006 e jan-fev/2008 –, conforme apresentado pelo Quadro 7.

Quadro 7: Reportagens sobre efeito estufa na *Revista Ciência Hoje* de 2005 a 2014

Ano	Título	Tipo Reportagem	Autoria	Categoria
2005	“Por que o Bush não assina o protocolo de Kyoto?”	Seção – Coluna	RIOS, 2005	Pensamento Fragmentado
2005	“Aerossóis e aquecimento global”	Seção – Mundo de Ciência	LONGO, 2005	Pensamento Interdisciplinar
2005	“A curva de Keeling”	Seção – Ensaio	COSTA, 2005	Pensamento Interdisciplinar
2005	“O efeito estufa poderia aquecer a crosta terrestre a ponto de aumentar a incidência de vulcões e terremotos?”	Seção – O leitor pergunta	CARNEIRO, 2005	Pensamento Interdisciplinar
2005	“Nova ameaça do clima”	Seção – Coluna	MALM, 2005	Pensamento Interdisciplinar
2005	“Lições do Catarina e do Katrina: as mudanças do clima e os fenômenos extremos” (Capa: “Furacões: o que o aquecimento global tem a ver com isso?”)	Artigo (Matéria de Capa)	MARENCO; NOBRE, 2005	Pensamento complexo
2006	“A Amazônia e as mudanças globais” (Capa: “Mudanças climática, epidemias, genocídios... O fim do mundo?”)	Artigo (Matéria de Capa)	ARTAXO, 2006	Pensamento complexo
2007	“Nem sempre onde há fumaça...”	Seção – Pelo Brasil	FERRAZ, 2007a	Pensamento Interdisciplinar
2007	“O mundo em nossas mãos”	Seção – Pelo Brasil	FERRAZ, 2007b	Pensamento complexo

(Continua)

(Continuação)

Ano	Título	Tipo Reportagem	Autoria	Categoria
2008	“As hidrelétricas e o aquecimento global: emissão de metano e gás carbônico é elevada em usinas do trópico úmido” (Capa: “Hidrelétricas: impactos no aquecimento global”)	Artigo (Matéria de Capa)	KEMENES; FORSBERG; MELACK, 2008	Pensamento Interdisciplinar
2008	“Aquecimento, de fato, afeta o Planeta”	Seção – Mundo de Ciência	CH, 2008	Pensamento Interdisciplinar
2008	“A culpa é do aquecimento global?”	Seção – Pelo Brasil	RIMAS, 2008	Pensamento Interdisciplinar
2009	“Mudanças climáticas: mil anos de duração?”	Seção – Mundo de Ciência	ARTAXO, 2009	Pensamento Interdisciplinar
2009	“A Amazônia e o aquecimento global: os desafios para quantificar as emissões de gases de efeito estufa pelo desmatamento”	Artigo	RIGHI et al, 2009	Pensamento Interdisciplinar
2010	“O parque nacional da Chapada Diamantina e a emissão de gases de efeito estufa”	Artigo	BERLINCK, LIMA; GONÇALVES, 2010	Pensamento complexo
2011	“Amazônia: de escoadouro a fonte?”	Seção – Mundo de Ciência	VIEIRA, 2011	Pensamento Interdisciplinar
2011	“Gás Carbônico animado”	Fora do quadro	CH, 2011,	Pensamento Interdisciplinar
2011	“Energia Verde”	Artigo	GUARIEIRO; TORRES; ANDRADE, 2011	Pensamento Interdisciplinar
2013	“Poluição verde: é possível?”	Seção - Opinião	ZEPKA, 2013	Pensamento Interdisciplinar
2013	“Terra: uma história climática”	Seção – Pelo Brasil	CH, 2013a	Pensamento Fragmentado
2013	“Carbono carioca”	Seção – Pelo Brasil	CH, 2013b	Pensamento Interdisciplinar

Fonte: Autoria Própria.

É importante destacar que todas as reportagens apresentadas no Quadro 7 trazem a temática do efeito estufa e da ação humana sob o fenômeno ambiental. Durante a compilação das reportagens, algumas, apesar de abordarem questões como aquecimento

global, gases poluentes da atmosfera, entre outros⁹, não se relacionavam com a temática efeito estufa de maneira direta e, portanto, não foram consideradas para a análise.

Das reportagens encontradas no período de dez anos, algumas tiveram grande destaque, tornando-se a reportagem de capa da respectiva edição. Apenas quatro, de um total de vinte e uma, trazem princípios do pensamento complexo, sendo que a maioria dos textos trata a temática de maneira interdisciplinar. Analisando cada um dos quatro textos em que os princípios da complexidade estão presentes, nota-se que em duas reportagens o operador dialógico do pensamento está presente, e nas outras duas, o operador sistêmico do pensamento; como resumido no Quadro 8.

⁹ Algumas das reportagens são aqui destacadas:

- FURTADO, F. Alerta verde. **Ciência Hoje**. n. 226, v. 38, p. 56. Maio, 2006: Reportagem traz aspectos dos escapamentos do carro e uma nova pesquisa brasileira capaz de diminuir os gases poluentes. Apesar da importância que a pesquisa e a notícia têm para a temática, em momento algum é citada sua relação com os gases do efeito estufa ou a preocupação com o aquecimento global e, portanto, não foi considerada para a análise.
- FERRAZ, M. Alerta no ar do Rio de Janeiro. **Ciência Hoje**. n. 230, v. 39, p. 46-47. Maio, 2006: Novamente, trata-se da notícia de uma pesquisa brasileira, pioneira na detecção de gases poluentes na atmosfera. Mas não relaciona esta emissão ou não aponta a importância da pesquisa como contribuinte para os estudos do efeito estufa.
- CH. Amazônia e o aquecimento global. **Ciência Hoje**. n. 258, v. 43, p. 14. Abril, 2009: Tratam da Amazônia, as queimadas e o desmatamento e a relação de todos estes fatores com as mudanças climáticas. Em nenhum momento são citados gases do efeito estufa e/ou as consequências deste efeito.
- BACOCOLI, G. A extração de petróleo em grande escala também contribui para as mudanças climáticas? **Ciência Hoje**. n. 263, p. 9. Setembro, 2009: Em resposta à pergunta de um leitor, o autor deste fragmento não trata das questões climáticas do efeito estufa. Esclarece apenas que a extração de petróleo não está relacionada com as mudanças climáticas.
- LACERDA, L. D.; GODOY, M. D.; MAIA, L. P. Mudanças climáticas globais: caçando indicadores no nordeste brasileiro. **Ciência Hoje**. n. 272, v. 46, p. 32-37. Julho, 2010: Reportagem de capa que traz questões relacionadas com as mudanças climáticas e as erosões, deslocamentos de dunas, manguezais. Porém, não os relacionam com o efeito estufa ou os gases que o agravam, sendo uma reportagem deixada de lado nas análises.
- STEENCKBOOK, W. A revisão do Código Florestal Brasileiro, em discussão no Congresso Nacional, deverá proteger mais nossos biomas ou facilitar sua destruição? **Ciência Hoje**. n. 288, v. 47, p. 6. Janeiro/Fevereiro, 2011: aqui o autor respondente à carta do leitor aponta questões importantes no Código Florestal Brasileiro e comenta, inclusive, sobre a possível diminuição do gás carbônico na atmosfera, mas não deixa explícito o quão isto é significativo para diminuição da ação antropogênica do efeito estufa.
- PINTO JR, O. O setor elétrico e as mudanças climáticas. **Ciência Hoje**. n. 290, v. 47, p. 68-69. Abril, 2011: Um artigo de opinião, mas que não contempla a temática do efeito estufa e sim, somente as possíveis mudanças de clima pela ação do setor elétrico.
- CONTI, L. M. Quixotes brasileiras e o aquecimento global. **Ciência Hoje**. n. 300, v. 50, p. 74-75. Janeiro/Fevereiro, 2013: Apesar de uma abordagem interdisciplinar, relacionando a literatura e as questões sociais, o texto não aborda explicitamente os impactos do efeito estufa. De maneira diferente das outras reportagens, o autor coloca alguns pontos de destaque das questões ambientais de forma geral.

Quadro 8: Artigos em que os princípios complexos estão presentes

Artigo	Operador complexo	Caracterização dos operadores
“Lições do Catarina e do Katrina: as mudanças do clima e os fenômenos extremos” (Capa: “Furacões: o que o aquecimento global tem a ver com isso?”)	Dialógico	Entrelaçam conceitos que aparentemente estão separados, sendo antagônicos e complementares.
“O parque nacional da Chapada Diamantina e a emissão de gases de efeito estufa”		
“A Amazônia e as mudanças globais” (Capa: “Mudanças climática, epidemias, genocídios... O fim do mundo?”)	Sistêmico	(Re)liga o conhecimento das partes com o conhecimento do todo e vice-versa, tendo ideia de totalidade.
“O mundo em nossas mãos”		

Fonte: autoria própria.

No caso da reportagem de capa sobre os furacões e o aquecimento global, os autores (MARENGO; NOBRE, 2005) destacam as questões antropogênicas que levam ao aumento do efeito estufa e como que elas podem se relacionar ao aumento de furacões. Explicam as diferenças entre os fenômenos furacões, ciclones e tornados, e, inclusive, destacam questões do âmbito social: de famílias desabrigadas por consequências dos desastres, além de pontuarem qual o papel do cidadão em meio a situações como essas. A temática do efeito estufa intensificado é vista como problema ambiental e não apenas ecológico. Na reportagem, o pensamento complexo assume dialogicamente os termos individual e social.

O mesmo caso de pensamento complexo dialógico é notado na reportagem sobre o parque nacional da Chapada Diamantina e a emissão de gases de efeito estufa. No texto, os autores (BERLINCK, LIMA; GONÇALVES, 2010) destacam a questão das queimadas irregulares, os problemas sociais envolvidos, além dos impactos ambientais, químicos e econômicos. Assim, o pensamento trata de maneira dialógica as questões do indivíduo e a sociedade em um todo complexo, sem dissociá-los.

Como apontado na Quadro 8, dois artigos trazem o pensamento sistêmico, sendo que no texto de Artaxo (2006) a problemática do efeito estufa está contextualizada nas causas das queimadas e desmatamentos na região Amazônica, ligando o conhecimento das partes ao conhecimento do todo complexo da questão ambiental. O autor traça uma rede em que é impossível conhecer o todo sem conhecer as partes, e conhecer as partes

sem conhecer o todo. O mesmo ocorre para o texto de Ferraz (2007b), que aborda a temática apontando vários campos do conhecimento, deixando claras as inter-relações, entendendo que o todo é mais do que a soma das partes.

Dessa forma, as questões ambientais, em particular o efeito estufa intensificado, abrem uma nova perspectiva epistemológica para compreender o desenvolvimento do conhecimento complexo (GUIMARÃES, 2010). De acordo com Morin (2002), esse seria o caminho ideal de tratar os assuntos ambientais e, como bem complementa Andrade (2007, p. 39),

[...] esta realidade, complexa, não deve ser considerada apenas sob um prisma, mas a partir das conexões e mecanismos que ligam e interligam todos os fenômenos importantes para a compreensão do comportamento dos sistemas Atmosfera-Terra e das imbricações resultantes e fomentadoras das alterações do clima global.

Esse é um exemplo de como a temática é tratada em uma revista brasileira de circulação destinada à divulgação científica na perspectiva da complexidade de Edgar Morin, lembrando que, normalmente, essa não é a pretensão da revista. Fazer uma investigação do quadro brasileiro em comparação às mídias internacionais fugiria do escopo deste trabalho, por isso, realizou-se um levantamento de trabalhos que discutem e comparam fatores como a frequência com que o assunto aparece e o enquadramento dado à problemática do efeito estufa e das mudanças climáticas.

De acordo com Zamith, Pinto e Villar (2012), existe uma crescente área de pesquisa que apresenta a cobertura da mídia sobre mudanças climáticas, porém pouco é explorado em um contexto comparativo. A maioria desses estudos está concentrada nos Estados Unidos e Europa, com trabalhos significativos também na cobertura da mídia da Austrália, Índia, Japão e Nova Zelândia, sendo quase todos os estudos exclusivamente da mídia em língua inglesa. Contudo, trabalhos que fazem comparações internacionais são necessários para entender como as reivindicações e quadros sobre as alterações climáticas são apresentados em todas as nações e culturas (ZAMITH; PINTO; VILLAR, 2012).

No Brasil houve um aumento significativo na quantidade das reportagens sobre as mudanças climáticas nos últimos anos, podendo-se inferir que tem se tornado uma temática relevante na agenda do interesse público (SHANAHAN, 2009; ANDI, 2010). O documento produzido pela Agência de Notícias dos Direitos da Infância (ANDI) sobre a cobertura das mudanças climáticas no Brasil monitorou 50 jornais brasileiros, de caráter local e nacional, entre os anos de 2005 a 2008. O documento evidenciou que o aumento

no número de matérias implica em uma cobertura que garante minimamente o agendamento do tema nos periódicos de alcance nacional, mas que ainda é muito pouco presente nos jornais de circulação local (ANDI, 2010).

O aumento no número de matérias está relacionado com a grande discussão internacional sobre o tema, principalmente em meados dos anos 2000, quando houve vários acontecimentos de forte apelo midiático, como os já citados: documentário *Uma verdade inconveniente* em 2006; lançamento dos relatórios do IPCC em 2007; Reunião de alto nível da ONU em New York no ano de 2007; a reunião chamada Partes da Convenção do Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP-13), a concessão do prêmio Nobel da paz ao ex-vice-presidente norte-americano Albert Arnold "Al" Gore Jr. e ao IPCC, pelos esforços na disseminação de informação sobre as Mudanças Climáticas no mundo, entre outros (ANDI, 2010).

O crescente número de reportagens desde meados dos anos 2000 não é uma exclusividade da imprensa brasileira. Uma pesquisa realizada por Boykoff e Rajan (2007) apontou que o número de notícias dos periódicos *The Guardian (and The Observer)*, *The Independent (and The Sunday Independent)*, *The Times (and The Sunday Times)*, no Reino Unido, foi de próximo de 500 reportagens no início da década, para mais de 2000 no ano de 2006. O mesmo ocorreu nos Estados Unidos, em que os mesmos pesquisadores analisaram *Los Angeles Times*, *The New York Times*, *The Wall Street Journal* e *The Washington Post* e constataram um aumento de 250 reportagens no início dos anos 2000, para mais de 750, em 2006.

O mesmo aumento significativo na agenda midiática foi observado em países da América Latina, como: México, com a análise do jornal *El Universal*, em pesquisa realizada por Shanahan, em 2009; Argentina, com jornal *La Nacion* e Colômbia, com o jornal *El Tiempo*, sendo estes dois últimos países estudados por Zamith, Pinto e Villar, em 2012. Mesmo com a crescente cobertura, a temática das mudanças climáticas permanece notavelmente menor fora da Europa e América do Norte (ZAMITH; PINTO; VILLAR, 2012).

Enquanto a cobertura das reportagens que abordam as mudanças climáticas está aumentando em quantidade, a qualidade da informação não coincide com a escala do problema em algumas localidades. No Brasil, a mudança climática é relatada na maioria das vezes como uma história ambiental e, em menor escala, a partir de um ângulo de impactos econômicos (ANDI, 2010). Esses dados são confirmados pela pesquisa realizada por Shanahan (2009), em que os países da América Latina também enquadram

as alterações climáticas como questões majoritariamente ecológicas em vez de uma política, econômica e/ou social. Pode-se exemplificar com o estudo na *Revista Ciência Hoje* destacado anteriormente, em que a maioria dos textos sobre o efeito estufa intensificado e mudanças climáticas aparece com abordagem interdisciplinar focadas no âmbito exclusivamente ecológico e/ou ambiental.

Mesmo que a tendência nos jornais latino-americanos seja ambiental, existe considerável debate em outras esferas, por exemplo, diferentes debates de políticas relacionadas com a ciência, que são relevantes para a questão das alterações climáticas. Alguns debates podem levar a um difícil consenso político sobre o assunto, como a incerteza científica, os efeitos potencialmente catastróficos (de risco) das alterações climáticas e as consequências econômicas de combate às mudanças do clima (ZAMITH; PINTO; VILLAR, 2012).

A mídia latino-americana é a menos propensa a apresentar quadros de conflito científicos, enquanto que nos Estados Unidos e Reino Unido o quadro da incerteza científica é maior (ZAMITH; PINTO; VILLAR, 2012; COIN, 2013; PAINTER, 2011). Essas diferenças na cobertura da mídia podem propiciar uma maior divisão da opinião dos governantes, tornando-se mais difícil chegar a um acordo internacional abrangente sobre como lidar com as alterações climáticas. De forma geral, em todas as localidades estudadas, a linguagem de risco foi muito menos prevalente. A baixa incidência implica que a linguagem e o conceito de risco não são ainda incorporados na cobertura das mudanças climáticas como uma forte narrativa (PAINTER, 2013).

É importante destacar o que os conflitos e quadros de incertezas científicos levantados pela mídia são reflexo das questões controversas que os temas da intensificação do efeito estufa e do aquecimento global geram. Os fatores de tais conflitos levantados por Reis (2013) são: a) de caráter epistêmico e; b) não epistêmico do próprio conhecimento científico. Os primeiros se referem às discordâncias metodológicas sobre as estratégias de coleta de dados, sobre a validade ou alcance dos modelos elaborados, a elaboração de hipóteses e teorias e etc. Já os não epistêmicos são com relação aos fatores externos à academia, mas que influenciam os cientistas em suas pesquisas, como por exemplos, questões de cunho político, social, morais, religiosas, econômicas e éticas. De acordo com a autora, os debates da temática estão inseridos em uma realidade complexa que são influenciados pelos fatores internos e externos ao meio científico.

As controvérsias dessas temáticas aparecem no meio científico não só com relação as causas, mas também por todo o contexto histórico, social, político e econômico. Alguns

cientistas contestam a existência do aquecimento global, outros apontam as atividades antropogênicas como as principais causadoras do fenômeno e outros desconsideram esse fator, considerando apenas as causas naturais (VEIGA; VALE, 2007). Com isso, as controvérsias se estendem nas tentativas de explicações e soluções para amenizar e reverter as consequências do efeito estufa intensificado e do aquecimento global. As incertezas científicas tangem os aspectos políticos e econômicos associados às tomadas de decisões sobre as mudanças climáticas.

Diante de todas as esferas de incertezas que o tema traz consigo, muitos pesquisadores preferem optar pelo princípio da precaução em que atividades capazes de causar danos graves e/ou irreversíveis ao meio ambiente e à sociedade, devem ser evitadas antes que haja a certeza científica de seus efeitos (JURAS, 2008).

Os estudos de Casagrande, Silva Junior e Mendonça (2011) trouxeram o debate das incertezas e controvérsias do aquecimento global nas revistas de divulgação científica *Ciência Hoje* e *Scientific American Brasil*. A análise que realizaram no período de junho de 2009 a julho de 2010 – período anterior e posterior da Conferência do Clima de Copenhague – apontou para as seguintes conclusões: a) o enfoque dado na divulgação do aquecimento global nas revistas não são consensuais na sua origem, ou seja, trazem artigos com posições das causas antropogênicas e naturais, apesar da maioria apresentar posições favoráveis à tese do IPCC; b) muitos textos, inclusive os oficiais, utilizam-se de expressões como “muito provavelmente” e “existem evidências”, carregando um teor inconclusivo nos debates; c) apesar de majoritariamente os textos serem favoráveis a ação humana como principal causadora das mudanças do clima, outros textos trazem debates sobre manchas solares, raios cósmicos, variação do campo geomagnético terrestre e mecânica celeste como fatores naturais de mudanças no clima.

Pode-se perceber nos trabalhos supracitados que as controvérsias e incertezas no meio científico influenciam a forma como a divulgação do tema é feita. Muitas vezes não há uma discussão sobre essas controvérsias e apresenta-se textos tanto de uma posição quanto outra carregados de verdades absolutas e indiscutíveis, o que não favorece a formação crítica e complexa do leitor.

Dentro da questão das alterações climáticas na mídia, mais dois termos necessitam rápida revisão e esclarecimento: mitigação da mudança climática e adaptação. De acordo com os autores Boykoff e Roberts (2007) a mitigação de emissões é a redução de gases de efeito estufa liberados na atmosfera, enquanto a adaptação às alterações climáticas é o ajuste nos sistemas naturais e/ou humanos em resposta aos estímulos

climáticos reais ou esperados. Ambos os termos exigem discussão e apresentam divergências na cobertura da mídia, mais uma vez por se tratar de um tema controverso.

No Brasil, as medidas de mitigação¹⁰ ganharam espaço ao longo dos últimos anos. A quantidade de textos que se referem a elas chegou a representar mais da metade das notícias. Isso pode ser consequência da pressão da sociedade civil, para a definição mais clara de metas a serem cumpridas no país nos últimos anos. Com relação às medidas de adaptação¹¹, elas ainda têm pouco espaço na mídia brasileira se comparadas às estratégias de mitigação (ANDI, 2010).

Em comparação com a mídia norte-americana, o Brasil se assemelha no que diz respeito aos progressos políticos que estão sendo feitos para mitigação da mudança climática, apresentando também questões econômicas, enquanto que países latino-americanos, como a Argentina e a Colômbia enfatizam apenas as consequências catastróficas das alterações climáticas (ZAMITH; PINTO; VILLAR, 2012).

Nas localidades de língua inglesa, como Estados Unidos e Reino Unido, quando a mídia se interessou na questão do aquecimento global, o foco estava na mitigação. Estudos apontam (BOYKOFF; ROBERTS, 2007) que a mitigação na imprensa inglesa e norte-americana ainda é mais presente do que as medidas de adaptação, e que a cobertura jornalística fora dessas localidades é consideravelmente inferior em relação à quantidade de reportagens com estes enfoques.

Todas as discussões e análises implicam diretamente na compreensão pública sobre questões climáticas a partir da cobertura midiática. A maneira como uma notícia é apresentada pode influenciar a forma como os indivíduos interpretam as questões do clima, atribuem responsabilidades e formulam opiniões políticas (ZAMITH; PINTO; VILLAR, 2012). Dados de pesquisas apontam os brasileiros como os mais preocupados com as alterações climáticas, em comparação com as sociedades ditas “mais avançadas”, apoiando políticas de mitigação das mudanças do clima (DAYRELL; URRY, 2015).

De acordo com pesquisa realizada por Dayrell e Urry (2015) o percentual de brasileiros que consideravam as questões climáticas como uma grande ameaça mundial subiu acentuadamente nos últimos anos, saindo de 20% em 2002 e atingindo 76% em 2013. O ceticismo foi quase inexistente entre a população brasileira que coincide com

¹⁰ Mitigação é entendida como a implementação de medidas que reduzam as fontes de emissão de gases de efeito estufa e aumentem os sumidouros de carbono (BRASIL, 2013).

¹¹ Ações de adaptação são entendidas como iniciativas e medidas para reduzir a vulnerabilidade dos sistemas naturais e humanos frente aos efeitos atuais e esperados da mudança do clima (BRASIL, 2013).

dados da população latino-americana em que existe uma forte crença de que o aumento da temperatura resulta de atividades humanas e não são simplesmente naturais. Esse quadro já é bem diferente nos Estados Unidos, em que quase metade da população pesquisada apresenta ceticismo com a mudança do clima (DAYRELL; URRY, 2015; BOYKOFF; ROBERTS, 2007; PAINTER, 2011). Isto sugere que a cobertura de mídia pode estar refletindo na forma como a população compreende a problemática. Como já visto antes, a mídia brasileira não é cética em suas reportagens, apresentando um quadro diferente dos Estados Unidos.

A investigação sobre a compreensão pública das alterações climáticas cresceu nos últimos anos. Alguns autores argumentam que a questão da mudança climática pode não ter a relevância necessária no dia-a-dia da população para motivá-los a aprender e agir, mas a motivação pode estar relacionada com a informação que chega às pessoas. Se o público não está devidamente informado sobre o assunto, é difícil para a população fazer exigências sobre o governo, mesmo quando está em seu próprio interesse (BOYKOFF; ROBERTS, 2007).

Todas as preocupações com a formação de cidadãos conscientes da dimensão da problemática do efeito estufa coincidem com as propostas colocadas pela Educação Ambiental no Brasil, que visa à formação de toda a sociedade para se envolver nas transformações efetivas para que o país se viabilize no contexto mundial. Frente a perspectiva de formar cidadãos críticos, o presente capítulo visa historicizar a conceptualização do termo efeito estufa intensificado como forma de aproximação da História da Ciência.

A historização do efeito estufa: séculos XVIII e XIX

Apesar das preocupações com a atmosfera terrestre e seus debates na mídia e sociedade serem relativamente recentes, os estudos científicos sobre a atmosfera e sua composição química surgem em meados do século XVIII. Este tópico do capítulo traz um breve histórico dos estudos de três pesquisadores do tema ao longo dos séculos XVIII e XIX, assim como suas influências no mundo contemporâneo. Vale ressaltar que o texto não tem por objetivo contar a vida e obra de cada um dos pesquisadores, mas sim descrever suas pesquisas nesse campo do conhecimento, fazendo referência a seu legado no embate científico sobre o tema dos estudos atmosféricos e questões ambientais.

José Pinto de Azeredo (1766¹² - 1810)

Quando se investiga a ciência do século XVIII e XIX pouco se fala dos estudos no Brasil. Porém, muitas pesquisas foram feitas no período colonial, inclusive no que se diz respeito às investigações pioneiras da química atmosférica. Entretanto, um importante adendo que se deve fazer aqui é que até meados do século XVIII pouco foi publicado no Brasil, pois autoridades portuguesas censuravam tudo o que pudesse fornecer informações às potências estrangeiras em relação às colônias (KURY, 2011). A questão dos estudos da atmosfera terrestre, como já comentado, é muito debatida na atualidade e é importante saber que no Brasil houve estudiosos preocupados em pesquisar a temática nos períodos em que a ciência era pouco difundida.

O século XVIII foi um período em que muitos estudos sobre gases (química pneumática) estavam sendo realizados em todo o mundo. Foi nesta fase que o francês Antoine Lavoisier (1743 - 1794), estudando os gases, apresentou trabalhos que explicaram de maneira satisfatória o processo de combustão dos corpos, estabelecendo novos princípios na química (MARQUES, FILGUEIRAS, 2010), rompendo com o paradigma do flogisto¹³ presente na época.

Neste mesmo período de estudos dos gases, deve-se destacar o “ar fixo” (hoje conhecido como dióxido de carbono, CO₂), em 1756, por Joseph Black (1728-1799), professor de química e medicina na Universidade de Edimburgo (OLIVEIRA, VECCHIA, 2009).

Black talvez estivesse se referindo ao flogístico, embora não utilizasse esse termo. A ideia de Black para a constituição do “ar fixo” tinha, por certo, origem na explicação que Stahl dava para o fato de os processos de queima interromperem-se quando não havia renovação de ar, ficando saturado de flogístico. Esse mesmo ar saturado de flogístico, conforme já haviam observado os stahlianos, era também impróprio para a respiração. Se o “ar fixo” apresentava essas mesmas características, deveria ter alguma relação com o flogístico – ou melhor, usando as

¹² Existe uma controvérsia com relação à data de nascimento de José Pinto de Azeredo. Alguns documentos registram o nascimento no ano de 1763 enquanto outros, 1766. Contudo, a data que parece ser mais aceitável é de 1766 (Pinto et. al., 2005) e será adotada neste trabalho.

¹³ Flogisto ou flogístico (do grego *phlogistós*, inflamado) estava presente nos materiais combustíveis, e era libertada quando esses materiais queimavam. A teoria do flogístico estava baseada nas ideias de George Ernst Stahl (1659/60 – 1734), muito embora outros autores como Van Helmont (1580 – 1644), Becher (1635 – 1682) e Boyle (1627 – 1691) terem empregado esse termo em suas obras. Mas foi com o texto “Tratado do enxofre” de Stahl, que as ideias do flogístico ganharam forças, já que este seria o responsável pelos fenômenos que envolvem a queima dos materiais, em uma teoria complexa que conseguia prever o comportamento de matérias na combustão (ALFONSO-GOLDFARB et al, 2016).

palavras de Black, alguma relação com o princípio inflamável (ALFONSO-GOLDFARB et al, 2016, p. 84).

Ao estudar o que hoje se conhece como carbonato de magnésio, o professor Black percebeu que o material reagia com ácido e liberava o mesmo “ar” que aquele das fermentações de cervejarias. Durante todo o século XVIII da química pneumática, vários outros gases foram sendo caracterizados, como por exemplo, o ar inflamável (gás hidrogênio), por Henry Cavendish (1731-1810), em 1766; o ar mefítico (gás nitrogênio), de Daniel Rutherford (1749-1819), em 1772; e o “ar do fogo, de Carl Wilhelm Scheele (1742-1786), em 1772, chamado em 1774 de ar desflogisticado por Joseph Priestley (1733-1804), e de ar vital, mais tarde oxigênio, por Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794), em 1776” (MARQUES, FILGUEIRAS, 2010, p. 1612).

Um dos alunos de Joseph Black merece destaque nos estudos sobre gases: o brasileiro José Pinto de Azeredo. Nascido no Rio de Janeiro, foi para estudar medicina na Universidade de Edimburgo e durante seus estudos na capital da Escócia, José Azeredo escreveu uma memória sobre os efeitos do “ar fixo” (CO₂) sobre o sistema nervoso (FILGUEIRAS, 2015), um texto condizente com as preocupações de um médico em formação.

Azeredo, logo depois de formado, foi nomeado pela Rainha de Portugal para trabalhar como médico e professor de medicina, em Angola. No entanto, antes disso, passou um tempo no Brasil estudando e exercendo sua profissão. O seu texto mais conhecido é referente ao período que esteve em Angola, cujo título é “*Ensaio sobre algumas enfermidades d'Angola*”, datado de 1799. Porém, o texto que será utilizado neste estudo e, que traz importante significado para a temática atmosférica, é intitulado “*Exame químico da atmosfera do Rio de Janeiro, feito por José Pinto de Azevedo¹⁴, doutor em medicina pela Universidade de Leide, físico mór, e professor de medicina do Reino de Angola etc.*”, publicado no *Jornal encyclopédico* de Lisboa, em 1790 (AZEREDO, 1790). O professor Manuel Serrano Pinto, da Universidade de Aveiro em Portugal, e seus colaboradores, digitalizaram e disponibilizaram esse documento no artigo publicado em 2005 (PINTO et. al., 2005). Este texto de Azeredo é um artigo de 30 páginas destinado às discussões sobre a química atmosférica do Rio de Janeiro, no período colonial.

¹⁴ A grafia do sobrenome do autor saiu com erro de digitação no documento, sendo publicado Azevedo ao invés de Azeredo.

Antes de apresentar seus estudos e medidas experimentais sobre a qualidade do ar no Rio de Janeiro, Azeredo apresenta os seus objetivos, o enquadramento científico e histórico, bem como as razões que o levaram a escrever o texto. Faz uma seção sobre o “ar puro” (O₂) e alguns experimentos, seguido de uma seção sobre o “ar fixo” (CO₂) e outros experimentos. Na parte final dedica-se ao “ar mofete” (N₂ + gases raros) em que não descreve experimentos (PINTO et. al., 2005).

Na introdução do texto descreve o papel de vários filósofos naturais no progresso da ciência química no século XVIII, entre eles Joseph Black (seu professor) e Joseph Priestley. Para Azeredo,

[...] estes filósofos entraram a examinar mais profundamente a nossa atmosfera; acharam que além dos vapores e partículas heterogêneas contém um fluido elástico, que em todos os tempos, e em todos os lugares é composto de três substâncias mui diferentes entre si. Estas substâncias separadas produzem diversos efeitos sobre os corpos organizados. Uma parte, que lhe chamaremos ar puro (a) é própria e necessária para a respiração para o fogo. A segunda, que chamaremos ar fixo (b), sufoca aos animais, a destrói toda a irritabilidade. A terceira, que chamaremos ar mofete (c), é de uma natureza inteiramente desconhecida. É sim imprópria para a respiração e combustão, destrói a vida dos animais; porém não precipita a cal, nem é absorvido pela água (AZEREDO, 1790, p. 264).

Assim, partindo da constatação científica de diversos autores, Azeredo propõe investigar o ar do Rio de Janeiro com o intuito de avaliar a possibilidade de que a composição atmosférica seja responsável por várias enfermidades. Para o médico brasileiro, o ar poderia ter uma função significativa no desenvolvimento de doenças, tendo o tema interesses não só ambientais, mas principalmente interesses sanitários de salubridade (PINTO et. al., 2005), além dos efeitos dos seus constituintes sobre os seres vivos, integrando o conhecimento científico das áreas de física e química.

Na parte em que descreve seus experimentos, Azeredo não dá detalhes da aparelhagem que utiliza para fazer as medições, contudo, identifica-se que o método utilizado por ele para determinação de O₂ e CO₂ atmosférico foi um procedimento volumétrico. Pelo texto, dá-se a entender que em suas medições, Azeredo utilizou

[...] um tubo de vidro, dividido em 16 partes iguais, provido, possivelmente, de torneira na extremidade superior por onde o “ar nitroso” era admitido, no caso da análise do ar puro. A extremidade inferior do tubo estava mergulhada em água, provavelmente numa tina. Introduzia ar no tubo e ao volume medido ele misturava, aos poucos,

“ar nitrozo”, até não ser mais observada coloração “vermelha” – na verdade castanha – do dióxido de nitrogênio. A redução do volume gasoso era estimada, por leitura na graduação do tubo, da mudança do nível da água (PINTO et al., 2005, p. 643).

Já para o procedimento de determinação de CO₂, o autor enchia o tubo graduado com o que hoje se conhece como hidróxido de cálcio e introduzia neste tubo um volume determinado de ar até que ocorresse a precipitação de carbonato de cálcio. A graduação da água marcada no tubo subia por conta de o “ar fixo” ter sido retirado daquele ar atmosférico contido ali, por meio da precipitação.

Utilizando as representações atuais para os componentes dos experimentos, tem-se no primeiro experimento: $3 \text{ NO} + \frac{3}{2} \text{ O}_2 \rightarrow 3 \text{ NO}_2$ e $3 \text{ NO}_2 + \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{ HNO}_3 + \text{ NO}$. Para o segundo: $\text{ Ca(OH)}_2 + \text{ CO}_2 \rightarrow \text{ CaCO}_3 + \text{ H}_2\text{O}$. Quanto ao “ar mofete”, Azeredo não realizou experimentos, mas sua respectiva proporção foi obtida por diferença entre o volume de ar atmosférico e a soma dos volumes de “ar puro” e “ar fixo”.

José Azeredo realizou os experimentos em nove lugares da cidade do Rio de Janeiro: Prainha, São Francisco de Paula, Misericórdia, Passeio Público e seus arredores até a Glória, e os Morros de São Bento, do Colégio (Morro do Castelo), da Conceição e de Santo Antônio (FILGUEIRAS, 2015). Percebe-se que o autor busca fazer medições em locais com características diferentes na mesma cidade: o centro da cidade e seus limites na época; locais densamente povoados (com atividade humana intensa) e outros menos povoados; área de manguezal e morros, dos quais hoje alguns foram destruídos pelas reformas urbanísticas do final do século XIX e início do século XX. Para compreensão destas locais, a Figura 6 apresenta o mapa da cidade do Rio de Janeiro do ano de 1831, disponibilizado no site da Biblioteca Nacional Digital (BNDIGITAL, 2018a), dando destaque para as áreas estudadas por Azeredo.

A ênfase da figura representa: a) Morro da Conceição; b) Prainha; c) Morro de São Bento; d) São Francisco de Paula; e) Morro de Santo Antônio; f) Morro do Castelo; g) Misericórdia; h) Passeio Público; i) Glória. A Prainha pesquisada por Azeredo é o local onde hoje se encontra a região da Praça Mauá (DUARTE, 2008) e a região dos Morros de Santo Antônio, Morro do Castelo e Misericórdia foram afetadas pelas reformas urbanísticas do final do século XIX e início do século XX e hoje a região é chamada de Largo da Misericórdia e Largo da Carioca (CRULS, 1949).

Como resultados dos experimentos, Azeredo concluiu que “uma porção de ar da nossa atmosfera, dividida por 16 partes, contém $\frac{3}{16} + \frac{1}{2}$ de ar puro; o que vem a ser menos do que é comumente na Europa, que segundo as experiências de Bergman e Mr. Lavoisier, o ar puro sempre chega a $\frac{1}{4}$ de uma porção dada.” (AZEREDO, 1790, p. 272). Fazendo uma interpretação destes dados, o teor de oxigênio no ar é de $\frac{3}{16}$ mais metade de $\frac{1}{16}$, ou seja, 21,9%, em comparação com os $\frac{1}{4}$ (25%) dos europeus. Hoje, o valor aceito para a quantidade de oxigênio do ar é de 21%, muito próximo do encontrado por Azeredo.

Para os teores de CO₂ na atmosfera, o autor encontrou 0,24%, sendo que o aceito hoje é de 0,03%. Para o ar “mofete”, que seriam os demais gases, em especial nitrogênio e gases raros, determinou por diferença de valores o número de 77,9%, sendo que o aceito atualmente é 78,1%.

Além dos resultados quantitativos, Azeredo apresentou resultados qualitativos que foram muito importantes no que diz respeito às diferenças entre as localidades da cidade do Rio de Janeiro. O autor concluiu que o melhor local da cidade em termos da pureza do ar, ou seja, do teor de oxigênio, é o Passeio Público, o jardim que fora recém-inaugurado pelo Vice-rei. A ele se seguem os ares dos vários morros da cidade. A pior qualidade do ar está na Misericórdia, e ele justifica pela presença do hospital e quartéis que podem comprometer a qualidade do ar: “Eu pensava que achasse neste local [Misericórdia] maior porção de ar puro; mas enganei-me (...) Pode ser que os vapores corruptos do Hospital imediato, e dos Quartéis sejam a causa desta diminuição do ar puro” (AZEREDO, 1790, p. 269).

Ao fazer comparação da qualidade do ar do Rio de Janeiro com a da Europa pelos trabalhos de Bergman e Lavoisier, Azeredo apresenta algumas explicações, sendo elas de causas naturais ou ainda associadas a atividade humana. Porém, a diferença encontrada pode ser devido a erros em fatores experimentais, causa essa não levada em conta pelo brasileiro (PINTO, et. al., 2005).

Diante de todos esses resultados, fica clara a preocupação de Azeredo com relação à questão ambiental e de saúde, pois aborda “aspectos médicos e aspectos químicos ligados entre si no quadro da composição do ar atmosférico do Rio de Janeiro, cuja análise Azeredo foi o primeiro a fazer, abordando o assunto da composição química da atmosfera do Rio de um ponto de vista sanitário individual e público” (PINTO et. al., 2005, p. 650). O trabalho de Azeredo difere de outros trabalhos de sua época certamente por trazer questões ambientais da qualidade do ar em bases científicas, enquanto outros se

questionavam acerca do uso da terra, do desmatamento e das queimadas, e da derrubada dos bosques (PINTO et. al., 2005). Corroborando com o que foi apresentado por Pinto e seus colaboradores no âmbito da preocupação com a saúde Azeredo encerra seu texto da seguinte maneira: “Será a muita quantidade deste ar [ar mofete] que há na nossa atmosfera a causa de tantos males? Futuras experiências talvez mostrarão melhor esta minha suposição (AZEREDO, 1790, p. 288).

O debate sobre as questões atmosféricas no Brasil não cessou com o trabalho de Azeredo, ocorrendo importantes debates no século seguinte. Porém, desta vez, as questões não seriam embasadas em experimentos, mas sim apenas em argumentação, em virtude da complexidade do assunto (MARQUES, FILGUEIRAS, 2010). Um importante impasse foi a discussão sobre a presença de nevoeiros secos, que ficou neste campo das argumentações.

Fica evidente que o brasileiro Azeredo, mesmo desconhecido em sua época e também na contemporaneidade, trouxe um trabalho precursor no que se refere aos debates sobre a química atmosférica. O diferencial deste autor é o fato de talvez ser a primeira pessoa no mundo lusófono e certamente um dos primeiros em qualquer parte, a investigar a química da atmosfera com uma preocupação nitidamente ambiental, tornando-o interessante para nosso mundo contemporâneo (MARQUES, FILGUEIRAS, 2010). No que diz respeito à determinação do teor de oxigênio, os resultados do trabalho de Azeredo se aproximam dos dados atuais.

Jean-Baptiste Joseph Fourier (1768-1830)

José Pinto de Azeredo teve seu trabalho em destaque por fazer quantificações e expressar também qualitativamente a qualidade do ar em várias localidades do Rio de Janeiro no final do século XVII. O francês Jean-Baptiste Joseph Fourier por sua vez, além do vasto reconhecimento pelos trabalhos no campo da matemática, realizou estudos no que diz respeito à área da química atmosférica. Fourier é lembrado também por pesquisar a influência da composição química da atmosfera nas alterações da temperatura do ar. Seu trabalho data de 1827 e está publicado na revista *Mémoires de l'Académie Royale des*

Sciences e o título é “*Memória sobre as temperaturas do globo terrestre e dos espaços planetários*”¹⁵.

Além dos estudos sobre transferência de calor em sólidos, o físico e matemático francês analisou os efeitos em líquidos e no ar, antecipando as discussões sobre o aquecimento global em quase dois séculos (ALENCAR, s.d.). Neste texto, Fourier cria um modelo para explicar o clima na Terra, a partir de seu desenvolvimento matemático na área de transferência de calor. De acordo com o artigo, o calor do globo terrestre deriva de três fontes distintas:

1° A Terra é aquecida pela radiação solar, cuja distribuição desigual produz a diversidade dos climas.

2° Ela recebe e participa da temperatura comum do espaço planetário, estando exposta a irradiação de inúmeros astros que circundam todo o sistema Solar.

3° A Terra conservou no interior de sua massa parte do calor primitivo que ela continha assim que os planetas foram formados (FOURIER, 1827, p. 569, tradução da autora).

Segundo o autor, é a presença de água e ar que faz com que o efeito geral da distribuição de calor seja uniforme pela Terra. Fourier faz alusão ao efeito estufa dizendo que a atmosfera produz efeito semelhante ao que ocorre em uma estufa, mas que não pode definir com precisão dada a falta de observações comparativas (FIGUEIREDO, ALVES, VECCHIA, 2012). Muitos autores dão os créditos à Fourier por cunhar a expressão *efeito estufa* aplicado a atmosfera e ser um dos primeiros a propor mudanças significativas de temperaturas na Terra por conta da mudança da composição química da atmosfera (FIGUEIREDO, ALVES, VECCHIA, 2012; OLIVEIRA, VECCHIA, 2009; LACERDA, NOBRE, 2010).

As explicações do autor mostram seu interesse pelos estudos atmosféricos: “A questão das temperaturas terrestres sempre me pareceu um dos maiores temas de estudos cosmológicos, e eu o tive em vista principalmente ao estabelecer a teoria matemática do calor” (FOURIER, 1827, p. 590, tradução da autora). Para o autor francês, a diversidade no clima se dá porque a Terra é aquecida pelos raios solares de forma não uniforme. O planeta está submetido à temperatura comum dos espaços planetários, estando exposto à irradiação dos incontáveis astros que existem em todas as partes. Desde a época de

¹⁵ Existe outra versão para o texto publicado na *Annales de Chimie et de Physique*, XXVII vol, p. 136-167 do ano de 1824, sob o título “*Remarques generales sur les temperatures du globo terrestre et des espaces planetaires*”, mas que não será o foco neste texto.

formação dos planetas, a Terra conservou em seu interior uma parte do calor primitivo (ALENCAR, s.d.).

Fourier estabeleceu ainda o conceito de balanço energético planetário ao se referir aos planetas que recebem energia provocando um aumento da temperatura, mas que também perdem energia. Esta energia foi chamada por ele de *calor escuro*, que atualmente se conhece como radiação infravermelha: “A Terra recebe os raios do sol, que penetram em sua massa e convertem-se em calor escuro; ela também possui seu próprio calor que tem de sua origem e que dissipa continuamente para a superfície” (FOURIER, 1827, p. 597, tradução da autora).

A distribuição entre o calor luminoso (raios de sol) e o calor escuro (radiação infravermelha) explicaria a elevação da temperatura, visto que os raios de luz atravessariam facilmente a atmosfera, enquanto os raios escuros teriam dificuldade de realizar o caminho contrário: “A transparência das águas e do ar contribui para aumentar o grau de calor adquirido, porque o calor luminoso penetra facilmente no interior da massa, e o calor escuro segue com maior dificuldade o caminho oposto” (FOURIER, 1827, p. 599, tradução da autora). Esse efeito seria então responsável pelo aquecimento da superfície da Terra e com isso, Fourier conseguiu explicar o efeito estufa natural que se conhece atualmente.

Porém, uma contribuição extremamente importante desse trabalho foi colocar a ação humana como possível colaboradora para a elevação da temperatura por meio do efeito estufa. Seria o que hoje chamamos de efeito estufa intensificado ou aumento do efeito estufa, que é tema muito debatido na atualidade.

O estabelecimento e progresso das sociedades humanas, a ação das forças naturais, pode mudar significativamente, e em vastas regiões, o estado da superfície do solo, a distribuição de água e os grandes movimentos do ar. Tais efeitos têm a capacidade de fazer o grau médio de calor variar ao longo dos séculos; porque as expressões analíticas incluem coeficientes relacionados ao estado superficial e que afetam grandemente o valor da temperatura (FOURIER, 1827, p. 599, tradução da autora)

Dessa forma, Fourier mostra-se um grande contribuidor dos estudos atmosféricos no final do século XIX, sendo o responsável por explicar o efeito estufa natural da Terra e suas modificações com possíveis ações humanas. O físico e matemático francês também foi um colaborador e um dos precursores dos estudos químicos e físicos da atmosfera nos séculos passados, sendo responsável por trazer a importância e a influência da atmosfera

terrestre para a vida tal qual se conhece hoje. Seu texto foi usado por outros pesquisadores que foram mais a fundo nos estudos desta temática, como é o caso de Arrhenius, que será apresentado a seguir.

Svante August Arrhenius (1859-1927)

Partindo das ideias de Fourier, o químico sueco Svante Arrhenius, ganhador do prêmio Nobel de Química em 1903 (ALENCAR, s.d.), investigou o que ocorreria com o clima global se a concentração de gás carbônico continuasse se elevando devido à ação humana. Seu texto de grande importância nesta temática é intitulado “A influência do ácido carbônico do ar sobre a temperatura do solo” [tradução da autora], publicado na *Philosophical Magazine and Journal of Science*, em 1896, que será a base das discussões neste tópico.

Muitos investigadores da história da ciência da época apontam que até meados do século XX eram poucos os cientistas que afirmavam que as atividades humanas pudessem provocar mudanças na composição química da atmosfera e que esta mudança pudesse causar significativas alterações no clima (LACERDA, NOBRE, 2010). Arrhenius foi um destes pesquisadores que sugeriram que as transformações químicas da atmosfera poderiam afetar a temperatura global. O sueco se baseou em alguns trabalhos, como o de Fourier e do filósofo naturalista irlandês John Tyndall (1820 – 1893).

Em 1861, Tyndall publicou um artigo mostrando que os gases atmosféricos absorvem o calor e, portanto, a alteração na composição química da atmosfera afetaria o clima (FIGUEIREDO; ALVES; VECCHIA, 2012). Este pesquisador irlandês, apesar de ser conhecido por seus estudos sobre a transparência e opacidade de gases/vapores e relação com o calor radiante, mostrou que o vapor de água e o CO₂ absorvem muito bem a radiação calorífica e que, mesmo em pequenas quantidades, estes gases absorvem esta radiação de uma forma muito mais eficaz que a própria atmosfera como um todo (FIGUEIREDO; ALVES; VECCHIA, 2012).

Baseado nestas informações, Arrhenius, além de procurar explicar as épocas glaciares, fez uma ligação entre a concentração de CO₂ e as mudanças do clima, especulando os níveis CO₂ na atmosfera e sua alteração na temperatura (ARRHENIUS, 1896). Por meio de alguns cálculos, o químico sueco mostrou que as temperaturas na região ártica poderiam subir caso a concentração de gás carbônico aumentasse: “Um cálculo simples mostra que a temperatura nas regiões árticas subiria cerca de 8° a 9°C, se

o ácido carbônico aumentar para 2.5 ou 3 vezes o seu valor presente” (ARRHENIUS, 1896, p. 268, tradução da autora).

Apesar de muitos dos cálculos de Arrhenius sobre a capacidade da Terra de absorver e refletir a radiação solar estarem diferentes do que se considera atualmente, o autor estimou muito bem que uma duplicação das concentrações de CO₂ na atmosfera deveria provocar um aumento significativo da temperatura global. Por conta disso, Arrhenius é citado por muitos autores (FURTADO, 2012; MITCHELL, 1989; CONTI, 2005; MASLIN, 2004; OLIVEIRA; VECCHIA, 2009) como o propositor do modelo de aquecimento global atual, sendo um dos primeiros cientistas a quantificar experimentalmente os impactos do dióxido de carbono no efeito estufa natural.

Outro ponto pelo qual o texto de Arrhenius é conhecido entre os estudiosos das mudanças climáticas é que o autor inferiu que a ação humana, de fábricas, por exemplo, poderia mudar a composição de gás carbônico e assim, mudar a temperatura. Vale ressaltar que Arrhenius, neste texto, não cita a queima de combustíveis fósseis nem apresenta cálculos que apontem para mudanças significativas ao longo de muitos anos. Veja no trecho:

Esta quantidade de ácido carbônico, que é fornecido para a atmosfera principalmente pelas grandes indústrias, pode ter a quantidade de ácido carbônico considerada como completamente compensando a quantidade que é consumida na formação de calcário (ou outros carbonatos minerais) pelo intemperismo ou a decomposição de silicatos (ARRHENIUS, 1896, p. 270, tradução da autora).

Neste excerto, Arrhenius coloca que mesmo com a ação das fábricas modernas, a emissão de CO₂ pode ser suprimida pela formação com silicatos. Reforçando, aqui, que ele não cita a queima de combustíveis fósseis, como muitos textos atuais apresentam, mas traz a questão da industrialização como fonte poluidora da atmosfera. Ainda no texto de Arrhenius,

[...] embora o número dado tivesse, por conta de suposições inexatas ou incertas, uma imprecisão da ordem de 50% ou mais, a comparação estabelecida é de grande interesse, uma vez que prova que o mais importante de todos os processos, por meio dos quais o ácido carbônico tem sido removido da atmosfera até hoje, trata-se do desgaste químico dos silicatos, o qual é da mesma magnitude do processo de efeito oposto, que é gerado pelo desenvolvimento industrial da nossa era e, o qual deve ser entendido como sendo de natureza temporária (ARRHENIUS, 1896, p. 270, 271, tradução da autora).

Apesar do trabalho de Arrhenius sobre a atmosfera e as possíveis mudanças no clima ter sido reconhecido na época, poucos pesquisadores, como Guy Stewart Callendar (1898 - 1964), assumiram e deram continuidade a este tipo de estudo (YERGIM, 2014). Isso porque os cientistas naquela época afirmavam que havia tantas outras influências no clima global (desde manchas solares a circulação do oceano) que as influências humanas foram pensadas como insignificantes em comparação com as forças da astronomia e geologia (MASLIN, 2004). Seu trabalho foi importante para inferir, por meio de cálculos detalhados, que a mudança na concentração de CO₂ na atmosfera pode causar mudanças na temperatura média global. No entanto, nem ele nem seus contemporâneos tinham qualquer suspeita dos potenciais efeitos prejudiciais do CO₂ no clima (ANDERSON; HAWKINS; JONES, 2016).

CAPÍTULO 3: A TEORIA DA COMPLEXIDADE DE EDGAR MORIN E AS QUESTÕES DO AGRAVAMENTO DO EFEITO ESTUFA

Importante destacar que neste capítulo não se pretende contemplar todas as discussões relacionadas à Teoria da Complexidade, mas sim debater alguns conceitos que permitam associar essa temática com as questões ambientais presentes nos currículos escolares e de grande impacto para formação do cidadão. Concordando com Reis (2013), compreender a realidade complexa de temas como efeito estufa intensificado e mudanças climáticas é entender o surgimento de distintos posicionamentos sobre as questões ambientais.

A psicóloga e epistemóloga Maria José de Esteves Vasconcellos aponta em seu livro *Pensamento sistêmico: o novo paradigma da ciência* (VASCONCELLOS, 2002) uma análise interessante sobre o desenvolvimento do pensamento sistêmico desde o início do século XX destacando alguns personagens como: o biólogo austríaco Ludwing von Bertalanffy (1901 - 1972) preocupado com questões que vão além das fronteiras disciplinares; o matemático estadunidense Norbert Wiener (1894 - 1964) autor de vários livros sobre cibernética; o antropólogo inglês Gregory Bateson (1904 - 1980) grande pensador sistêmico e epistemólogo da comunicação, que também contribuiu na psiquiatria, psicologia, sociologia, linguística, ecologia e cibernética; o físico austríaco-americano Heinz von Foerster (1911 – 2002) professor de biofísica e engenharia desenvolvendo modelos cibernéticos; o biólogo chileno Humberto Maturana (1928 - atual) que apresenta um arcabouço conceitual articulado sobre teoria biológica sistêmica. Além desses autores, Vasconcellos (2002) cita o químico russo naturalizado belga Ilya Prigogine (1917 - 2003), o físico austríaco Fritjof Capra (1939 - atual) e o antropólogo, sociólogo e filósofo francês Edgar Morin (1921 - atual) como pensadores referentes na área do pensamento complexo.

O pensamento complexo aparece na literatura muitas vezes como sinônimo de pensamento sistêmico, pensamento cibernético, pensamento holístico, pensamento ecológico, entre outros (PONTO, 1991; CAPRA, 1986, VASCONCELLOS, 2002). Para Vasconcellos (2002) é necessário ter cuidado com as nomenclaturas – pois há distinções entre estes tipos de pensamentos – mas principalmente, com novas práticas que se propõem a responder necessidades do homem contemporâneo, visando o novo paradigma da nossa sociedade. De acordo com a autora, estas práticas ditas místico-esotéricas, exemplificadas por ela como astrologia, tarologia, biodanças e outros, são apresentadas

como holísticas, se nomeiam científicas e derivadas do pensamento sistêmico. O alerta de Vasconcellos é para as implicações que estas associações podem trazer, como derivar as práticas esotéricas do pensamento complexo científico.

Para Capra (1986), o pensamento holístico lida com o todo enquanto o pensamento sistêmico lida com o todo e as partes, ou seja, vê o mundo em termos de relações e de integração e, por isso, o autor prefere se referir a concepções sistêmicas em contrapartida das características holísticas. Para ele, organismos vivos, sociedades e ecossistemas são sistemas e todo sistema possui interações e interdependências com suas partes e, embora se possa separar em partes individuais, a natureza do todo é sempre diferente da somatória de suas partes. Além disso, o todo e suas partes trazem a característica de serem dinâmicos, com manifestações flexíveis embora estáveis. Dessa forma, concordando com Capra (1986, p. 261), “o pensamento sistêmico é pensamento de processo; a forma torna-se associada ao processo, a inter-relação à interação, e os opostos são unificados através da oscilação”.

O mundo contemporâneo tem apresentado diversas crises nas mais diferentes áreas, como a saúde, o modo de vida, a qualidade do ambiente, das relações pessoais, econômicas, na tecnologia, política e educação. Em um mundo globalizado, que se conecta muito facilmente em trocas e relações variadas, não cabe mais entendê-lo pela concepção mecanicista e sim faz-se preciso uma mudança na percepção, sendo necessária uma concepção sistêmica e complexa (CAPRA, 1986; MORIN, 2011).

Para discutir com mais detalhes o pensamento complexo, é conveniente que se escolha um autor, de modo a caracterizar seus princípios. Porém, não se pretende esgotar as discussões e tão pouco colocar uma perspectiva teórica como melhor ou pior que outra. O objetivo é apresentar os debates desta pesquisa fundamentando um referencial teórico. Dessa forma, se optou pelo autor francês Edgar Morin, pois seus trabalhos convergem para as discussões no campo da educação e ensino das ciências.

Breve discussão sobre a Teoria da Complexidade de Edgar Morin

Para a teoria da complexidade de Morin (MORIN, 2002; MORIN, 2006; MORIN, 2011), o sistema complexo se caracteriza em um todo que não se reduz à soma de suas partes constitutivas que, no contato mútuo, se modificam e, conseqüentemente, modificam o todo. Dessa forma, tem-se a constatação de que toda visão parcial ou

unidimensional é pobre, pois está isolada de outras dimensões (biológica, econômica, social, política, cultural, etc.) (ESTRADA, 2009).

Morin discute a questão global do conhecimento e de complexidade. Para o autor, “o todo tem qualidades ou propriedades que não são encontradas nas partes, se estas estiverem isoladas umas das outras, e certas qualidades ou propriedades das partes podem ser inibidas pelas restrições provenientes do todo” (MORIN, 2002, p; 37). Mas, em algumas situações o todo é menor que a soma das partes, como pontua Morin (1986, p. 43), “se as partes estiverem inibidas ou limitadas, não sendo potencializadas em sua plenitude, o todo poderá ser menor do que a soma de suas partes”.

Tomando uma exemplificação do todo maior que as partes, pode-se pensar que o sistema possui algo a mais do que seus componentes considerados de modo isolado em seu máximo potencial. Ao trabalhar a questão da temática do efeito estufa intensificado na perspectiva interdisciplinar, as pesquisadoras Augusto e Caldeira (2008) apontaram para a questão que o tema escolhido não se restringe as esferas ecológicas, químicas e físicas. O efeito estufa pode ser trabalhado interdisciplinarmente nessas esferas e ultrapassá-las. Este seria um exemplo de que a soma das partes é menor que o todo, pois para compreender o efeito estufa intensificado na sua complexidade é preciso ir além dos conceitos da física, química e biologia.

Já exemplificando o todo ser menor que a soma das partes tem-se a atuação de um grupo de professores no ambiente escolar que não têm a autonomia de posicionamento diante à problemas educacionais (seja por gestão ou outro motivo) e estão limitados às circunstâncias e assim, o todo (que seria o sistema escolar neste caso), perde sua potência máxima, sendo menor que a soma das partes. Outro exemplo que poderia ser colocado nesta explanação é um trabalho realizado por Caldeira e seus colaboradores (2008) em que investigaram a interdisciplinaridade no conceito de energia em que trabalharam diversas faces a partir da problemática da cana-de-açúcar. Ao levarem a temática para sala de aula puderam explorar as diversas disciplinas envolvidas no problema e relacionaram-nas com a biologia. Por mais que tenham trabalhado todas as partes que poderiam no contexto escolar, elas não foram desenvolvidas em seu máximo potencial e assim, o todo, que é a questão energética, ficou menor que a soma das partes.

Compreender o pensamento complexo de Edgar Morin passa também pelo entendimento dos princípios que elenca como operadores desta reforma do pensamento. São sete princípios (MORIN, 2006):

- 1) *Princípio sistêmico ou organizacional*: vai ao encontro do que acabou de ser discutido, que diz respeito a totalidade do pensamento complexo, ou seja, a sua totalidade não se reduz a soma das partes. São as interações criadas entre os elementos que compõem no sistema de forma a ligar o conhecimento das partes ao conhecimento total, sistêmico. Por exemplo, se pensarmos na questão do efeito estufa intensificado e as partes que compõem a problemática é entender que a totalidade da questão envolve mais ou menos que a simples somatória de seus elementos;
- 2) *Princípio hologramático*: compreende que o todo compõe a parte e a parte compõe o todo. Por exemplo, a célula é uma parte do sistema total enquanto que em cada célula há o código genético pertencente a cada indivíduo;
- 3) *Princípio do circuito retroativo*: conhecimento de que a causa age sobre o efeito e efeito sobre a causa. Por exemplo, na homeostasia dos organismos vivos em que há processos reguladores baseados em múltiplas retroações;
- 4) *Princípio do circuito recursivo*: vai além da noção reguladora de auto-organização, pois os produtos e os efeitos são produtores e causadores do que os produz. Por exemplo: a relação homem e sociedade: os indivíduos produzem a sociedade nas e pelas interações enquanto a sociedade produz a humanidade na emergência da linguagem e cultura;
- 5) *Princípio da autonomia/dependência (auto-organização)*: compreender que a energia é gasta para manter a autonomia, que é de inseparável dependência do ambiente. Um exemplo da auto-eco-organização está associada ao humano que desenvolve sua autonomia na dependência de sua cultura;
- 6) *Princípio dialógico*: traz a união de duas noções que são antagônicas e complementares. Por exemplo, a noção de vida e morte que aparentemente são opostas, mas ao mesmo tempo se aproximam sendo duas noções que não se negam uma à outra;
- 7) *Princípio da reintrodução do conhecimento em todo conhecimento*: permite a reforma do pensamento, pois todo conhecimento é uma tradução de uma dada cultura e dado tempo. Por exemplo, da percepção da História da Ciência todo conhecimento é uma reconstrução/tradução por um indivíduo em determinado contexto cultural e histórico.

Entretanto, Morin, em um seu livro *Introdução ao pensamento complexo* (MORIN, 2011) resume estes sete princípios em três operadores: dialógico, recursivo e hologramático. O primeiro englobaria o princípio *dialógico* e o *da reintrodução do conhecimento em todo conhecimento*, pois significa entrelaçar coisas que aparentemente estão separadas, sendo antagônicas e complementares, como razão – emoção, real – imaginário, ciência - arte. Importante ressaltar que não é meramente um pensamento de síntese (COLEÇÃO, 2006). Para Vasconcellos (2002, p. 113), este é o principal operador do pensamento complexo e tem consequências importantes quando voltado para a questão das disciplinas escolares, pois “em vez de pensar a compartimentação estrita do saber, passa-se a focalizar as possíveis e necessárias relações entre as disciplinas e a efetivação de contribuições entre ela, caracterizando uma interdisciplinaridade”.

Para o operador recursivo, incluem os princípios do *circuito retroativo*, do *circuito recursivo* e *da autonomia/dependência*. A causa que produz o efeito e o efeito que produz a causa não se limita em somente às questões biológicas, mas também às sociais e culturais. Morin (2011, p. 74) coloca que “a ideia recursiva é, pois, uma ideia de ruptura linear de causa/efeito, de produtor/produto, de estrutura/superestrutura, já que tudo o que é produzido volta-se sobre o que produz num ciclo ele mesmo autoconstitutivo, auto-organizador e autoprodutor”. Se pensarmos na vida humana, são seres produzidos por uma união biológica de homem e mulher e ao mesmo tempo estes indivíduos são produtores de novas vidas (COLEÇÃO, 2006).

Por fim, o terceiro operador engloba o princípio *hologramático* e *sistêmico*, e coloca em movimento o pensamento, não sendo possível desassociar a parte do todo, tendo a ideia de totalidade (COLEÇÃO, 2006). Esta ideia do sistema total está ligada às discussões já apresentadas do estudo do todo com suas partes constitutivas. Os três operadores do pensamento complexo – dialógico, recursivo e hologramático – também estão conectados entre si, pois “a própria ideia hologramática está ligada à ideia recursiva, que está ligada, em parte, à ideia dialógica” (MORIN, 2011, p. 75). Dessa forma, para um pensamento operar de maneira complexa, é necessário compreender que o conhecimento da parte pelo todo e do todo pela parte está em um movimento de produto e produtor de conhecimento, o que faz com que se tenha a ideia sistêmica e dialógica, unindo o que antes parecia estar fragmentado.

Ao pensar no exemplo do efeito estufa intensificado se pode entender que as partes que compõem o estudo da problemática – como o olhar químico, físico, biológico, ecológico, econômico, cultural, econômico, social e político – é que permite a

compreensão do todo e que estas partes não se separam, sendo causa e efeito. Por exemplo, quando se analisa os acordos para a diminuição de CO₂ por países desenvolvidos, nota-se a resistência de algumas nações, pois a emissão deste gás está associada ao desenvolvimento econômico de determinado povo na lógica capitalista. Por isso, a causa da emissão também é o efeito e a percepção sistêmica da problemática só é compreendida quando não se olha mais de maneira isolada para as partes que o compõem.

O pensar fragmentado carrega consequências não só nas áreas das ciências e das humanidades, mas também traz um desafio cívico. O não pensar globalmente leva ao enfraquecimento do senso de responsabilidade e de solidariedade, uma vez que responsáveis por suas tarefas especializadas não se preserva o elo orgânico de concidadãos (MORIN, 2006). Assim, é necessário que haja uma nova forma de pensar, e isto está relacionado com uma nova forma de ensinar. A questão educacional está presente nas obras de Edgar Morin e será alvo das discussões apresentadas a seguir.

O pensamento complexo e a questão educacional

Conforme discutido até o momento, é necessário se mobilizar para um novo olhar sobre o mundo contemporâneo, fazendo interligações e relações das mais diversas formas, buscando um pensamento voltado para o todo complexo e global. Como o próprio Morin destaca,

É o problema universal de todo cidadão do novo milênio: como ter acesso às informações sobre o mundo e como ter a possibilidade de articulá-las e organizá-las? Como perceber e conceber o Contexto, o Global (a relação todo/partes), o Multidimensional, o Complexo? Para articular e organizar os conhecimentos e assim reconhecer e conhecer os problemas do mundo, é necessária a reforma do pensamento (MORIN, 2002, p. 35).

Assim, não se pode considerar um problema sem contextualizá-lo, e seu contexto também deixará de ser local e passará a ser global. O pensamento complexo visa articular diversos saberes compartimentados nos vários campos do conhecimento sem perder a particularidade de cada fenômeno, sendo requisito para a interdisciplinaridade. Porém, para a educação, a contribuição da complexidade está para além da interdisciplinaridade (MORIN; ALMEIDA; CARVALHO, 2002), sendo necessária uma mudança de um olhar

fragmentado para um olhar interligado (MORIN, 2011). De acordo com Morin (2002, p.38),

[...] o conhecimento pertinente deve enfrentar a complexidade. *Complexus* significa o que foi tecido junto; de fato, há complexidade quando elementos diferentes são inseparáveis constitutivos do todo (como o econômico, o político, o sociológico, o psicológico, o afetivo, o mitológico), e há um tecido interdependente, interativo e interretroativo entre o objeto de conhecimento e seu contexto, as partes e o todo, o todo e as partes, as partes entre si.

Nesta discussão, a pergunta fica evidente: como os profissionais de educação levam em conta este pensamento complexo? De acordo com o autor francês, o ensino de hoje se dá em categorias isoladas, ou seja, aprende-se história, geografia, ciências, português, por exemplo, sem se entender a relação entre todos estes sistemas, mesmo em fases em que temos a presença de um único professor (fases iniciais de ensino).

Concordando com Caluzi e Rosella (2003), a falha da escola, e da educação de forma geral, está justamente em não relacionar todos estes conhecimentos, gerando efeitos como a hiperespecialização dos saberes e uma dificuldade em articulá-los. Para Morin (2006) a hiperespecialização é realmente um problema central que impede os estudantes de terem uma noção do global e do essencial, pois “os problemas essenciais nunca são parceláveis, e os problemas globais são cada vez mais essenciais” (MORIN, 2006, p. 14).

Entretanto, na medida em que as matérias se distinguem e adquirem autonomia é preciso aprender ao mesmo tempo a separar e unir, analisar e sintetizar. Morin (2006) considera que já existam ciências multidimensionais, que saem da hiperespecialização e que estão presentes na escola, como a geografia, que vai desde a geologia até os fenômenos econômicos e sociais. Além disso, aponta também para a ecologia, ciências da Terra, cosmologia e história, sendo esta última multidimensional quando integra em si mesma a dimensão econômica e antropológica. Neste ponto, pode-se fazer um paralelo com a História da Ciência, que é importante para unir pensamentos que foram separados, sendo importante para a “reflexão sobre o conhecimento científico e não científico, e sobre o papel da tecnociência, maximizado em nossas sociedades” (MORIN, 2006, p. 79).

A nova forma de pensar deve estar relacionada a uma nova forma de ensinar. Qualquer reforma do ensino, antes de mais nada, deve começar pela formação dos educadores, que é uma problemática importante de se tratar e por isso, Morin (2002) traz

um livro – que tem título: *Os sete saberes necessários à educação do futuro* – em que o foco é inspirar o professor a rever suas relações na escola: o currículo, as disciplinas e a avaliação. Além disso, neste livro, ele levanta alguns pontos importantes que tangem o ensino e as questões complexas de conhecimento, dentre elas está a urgência em se mudar a forma de pensamento (escolar ou não).

No primeiro capítulo, Morin (2002) aborda as questões do erro e da ilusão, ou seja, acostumou-se a afastar os erros das propostas de ensino sendo preciso integrá-los novamente ao conhecimento, e nas palavras do autor: “o maior erro seria subestimar o problema do erro; a maior ilusão seria subestimar o problema da ilusão” (MORIN 2002, p. 19). Ponto interessante deste capítulo é quando o autor trata do conhecimento científico, em que deixa claro que ele não é imune ao erro e que, pelo contrário, é no erro que há avanços. Um paralelo com a História da Ciência (HC) pode ser feito aqui, uma vez que nela e por ela se busca compreender os fatos do passado que podem ser considerados hoje como erros, mas que foram importantes, pois sempre irão sustentar o desenvolvimento científico.

Ainda no primeiro capítulo, Morin faz uma crítica ao paradigma de René Descartes (1596 – 1650), em que se destaca o pensamento e conhecimento fragmentado que pouco se inter-relaciona, sendo necessário para produzir avanços a sua contextualização e um olhar abrangente. Porém, é importante destacar aqui que Morin pode ter tido uma leitura equivocada quanto ao pensamento cartesiano¹⁶.

¹⁶ Descartes (1983) propôs a separação das partes de um problema para conseguir resolvê-lo, e depois unir todas as peças novamente. Descartes não fragmenta o conhecimento em disciplinas ou em compartimentos separados e isso fica claro na obra *Regras para a direção do espírito*, em que, na Regra I, apresenta que “é preciso acreditar que todas as ciências estão de tal modo conexas entre si que é muitíssimo mais fácil aprendê-las todas ao mesmo tempo do que separar uma só que seja das outras. Portanto, se alguém quiser investigar a sério a verdade das coisas, não deve escolher uma ciência particular: estão todas unidas entre si e dependentes umas das outras; mas pense apenas em aumentar a luz natural da razão, não para resolver esta ou aquela dificuldade de escola, mas para que, em cada circunstância da vida, o intelecto mostre à vontade o que deve escolher” (DESCARTES, 1998, p. 13).

Dessa maneira, nota-se que Descartes propunha uma epistemologia única, sem a separação do conhecimento, mas sim a fragmentação do objeto de estudo a fim de melhor entendê-lo, visando a sua união ao final. Morin (2002), coloca no primeiro capítulo de *Os sete saberes necessários à educação do futuro* que o paradigma cartesiano – atribuído à Descartes – dissocia extremos como: sujeito/objeto; alma/corpo; espírito/matéria; existência/essência; entre outros. Interessante observar que em outro livro – intitulado *A cabeça bem feita* – ao tratar a questão disciplinar Morin escreve: “Descartes, que não era essencialmente cartesiano (...)” (MORIN, 2006, p. 92). Um ponto levantado por Capra (1986) ao tratar esta temática é que “[...] a excessiva ênfase dada ao método cartesiano levou à fragmentação característica do nosso pensamento em geral e das nossas disciplinas acadêmicas, e levou à atitude generalizada de reducionismo na ciência – a crença em que todos os aspectos dos fenômenos complexos podem ser compreendidos se reduzidos às suas partes” (CAPRA, 1986, p. 55 – grifo da autora).

No capítulo dois, Morin trata do conhecimento pertinente. O autor evidencia o contexto (sentido da informação contextualizada), o global (relações entre o todo e as partes), o multidimensional (evidencia as múltiplas dimensões das unidades complexas) e o complexo (considera a relação entre todos esses princípios), destacando a questão educacional que os envolve. O conhecimento pertinente é, então, a rearticulação para juntar as disciplinas.

O interessante do segundo capítulo são os exemplos na área ambiental que ilustram sua teoria, ficando evidente que o ambiente e a educação ambiental (EA) possibilitam a busca de novos caminhos para o entendimento do pensamento complexo e da superação da simplificação. Devido à natureza interdisciplinar da EA, esta colabora com a superação das visões fragmentadas da crise ambiental, que assume amplas proporções na sociedade contemporânea. Assim, “pensar a EA a partir do método da complexidade significa construir uma nova forma de agir em relação ao meio ambiente como resultado da reforma de pensamento” (LUIZARI; SANTANA, 2007, p. 52).

No terceiro capítulo, Morin trata do ensino centrado na condição humana, em que se deve considerar que o ser humano é cultural. No texto, o autor aborda a simultaneidade do dentro e fora da natureza, explora a condição cósmica, condição física, terrestre e humana. E é nesta última condição que Morin desdobra a explicação do ser humano enquanto unidual, ou seja, a relação do homem enquanto ser biológico e cultural, levando a compreensão da unidade na diversidade. Para ele, “todo desenvolvimento verdadeiramente humano significa o desenvolvimento conjunto das autonomias individuais, das participações comunitárias e do sentimento de pertencer à espécie humana” (MORIN, 2002, p. 55).

Em seu outro livro, *A cabeça bem-feita*, Morin dedica um capítulo também para dissertar sobre a condição humana. Ele aponta que entender a condição humana vai além dos estudos das ciências humanas, dependendo também das ciências naturais, como a ecologia, a cosmologia e as ciências da Terra (MORIN, 2006). Um paralelo interessante que pode ser feito neste momento é a compreensão pela HC no ambiente escolar: entender o desenvolvimento científico como construção humana, feita de forma individual e ao mesmo tempo coletiva, aproxima o estudante àquela realidade, mostrando que a humanidade e o desenvolvimento da ciência vão além das questões meramente científicas, mas também sociais, culturais, psíquicas e econômicas.

Prosseguindo nas propostas lançadas por Morin para compreender a educação do futuro, em seu quarto capítulo (MORIN, 2002), o autor pontua a necessidade de ensinar

a condição terrena. Ensinar que a Terra é um pequeno planeta que precisa ser sustentada, ou seja, a ideia de sustentabilidade. Esta é uma palavra que tem se tornado presente no vocabulário atual. Várias empresas têm se utilizado desse slogan (sendo verdade ou não) e transformado o conceito em mercadoria. Para Morin, a sustentabilidade significa manter um planeta viável para futuras gerações e que já começa a dar sinais de irritabilidade em relação às ações humanas.

A ideia das mudanças climáticas e do efeito estufa intensificado são corroboradas nas discussões levantadas por Morin neste quarto capítulo. A proposta não é ensinar por meio de sensacionalismos, mas sim do entendimento da emoção humana e da natureza enquanto peça mútua na discussão. A transformação há de vir pela educação e pela reforma do pensar, mas ela só realmente ocorrerá quando houver a “intertransformação de todos, operando assim uma transformação global, que retroagiria sobre as transformações individuais” (MORIN, 2002, p. 74).

Um bom exemplo desta retrotransformação pode ser dado pelo movimento *Lixo Zero*, que vem crescendo em todo o mundo. De acordo com o Instituto Zero Lixo Brasil (IZLB, 2018, s/p.), o movimento “consiste no máximo aproveitamento e correto encaminhamento dos resíduos recicláveis e orgânicos e a redução – ou mesmo o fim – do encaminhamento destes materiais para os aterros sanitários e\ou para a incineração”. Em uma entrevista concedida à série *Mares Limpos* do canal do YouTube *Menos 1 Lixo* (M1L, 2018), Kevin Drew, coordenador de projetos especiais lixo zero do departamento de meio ambiente de São Francisco-EUA, ressaltou que o movimento na cidade estadunidense começou individualmente, ou em pequenos grupos. Só então começaram a apoiar, incentivar e exigir o sistema de coleta seletiva e reciclagem desde os anos 1970. Hoje, São Francisco almeja ser uma cidade lixo zero, incentivando todo comércio local e a população. Um movimento que começou em pequenos grupos, ganhou forças para hoje retroagir nas mudanças individuais.

No capítulo seguinte, Morin discute o enfrentamento das incertezas. Carrega-se ainda a ideia de que o que é científico é certo e imutável. Como o próprio Morin (2002, p. 86) aponta, “o conhecimento é a navegação em um oceano de incertezas, entre arquipélago de certezas.”. Este pensamento deve estar presente no ensinar do professor, considerando que as incertezas sempre estarão presentes no desenvolvimento do saber.

No sexto capítulo, Morin disserta sobre o ensino da compreensão. Para ele, não basta a compreensão de uma disciplina específica, é preciso ensinar a compreensão humana, que vai além da informação e explicação. O autor reforça as incompreensões

geradas pelo egocentrismo, pelo etnocentrismo e sociocentrismo, ou seja, os desejos, os poderes, os discursos xenofóbicos e racistas. A compreensão é meio e fim da comunicação humana, sendo seu desenvolvimento a grande tarefa da educação.

No sétimo e último capítulo de seu livro, Morin discute a ética do gênero humano. No capítulo anterior já havia mencionado a ética da compreensão, mas sem entrar em detalhes de definições e apontamentos para o ensino. O autor defende a antropoética, que é baseada em três elementos inseparáveis e co-produtores: indivíduo, sociedade e espécie.

Aplicar todos estes conhecimentos na realidade escolar não é trivial e Morin reforça isso. Ele afirma que não é transformar estes sete saberes em sete disciplinas, pelo contrário, estes conhecimentos unem os demais (COLEÇÃO, 2006). É preciso uma reestruturação curricular e que demanda um novo tipo de escola e um novo tipo de professor. Neste sentido, Morin chama a atenção para a função da universidade nesta formação, não só no âmbito de formadora de formadores, mas também de formadora de cidadãos profissionais: “poderíamos também imaginar a instituição, em cada Universidade, de um centro de pesquisa sobre os problemas de complexidade e de transdisciplinaridade, bem como oficinas destinadas às problemáticas complexas e transdisciplinares” (MORIN, 2006, p. 85).

No Brasil há uma iniciativa para um curso universitário complexo. A idealização é da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP) com o curso *Engenharia da Complexidade*. A sugestão é trabalhar de maneira integrada conhecimentos da engenharia, da ciência e da sociedade, propondo soluções para problemas como mobilidade urbana e construções civis, sem deixar de lado os impactos na população, ambiente e economia (POLI, 2018).

Dessa maneira, é notório que Morin olha para a educação pelas lentes da mudança do pensamento, envolvendo o contexto e o complexo. Para o próprio autor, isso significa uma visão transdisciplinar, ou seja, mais do que disciplinas que colaboram entre elas em um projeto com um conhecimento comum, mas também um modo de organizar o pensamento que atravessa as disciplinas para uma espécie de unidade.

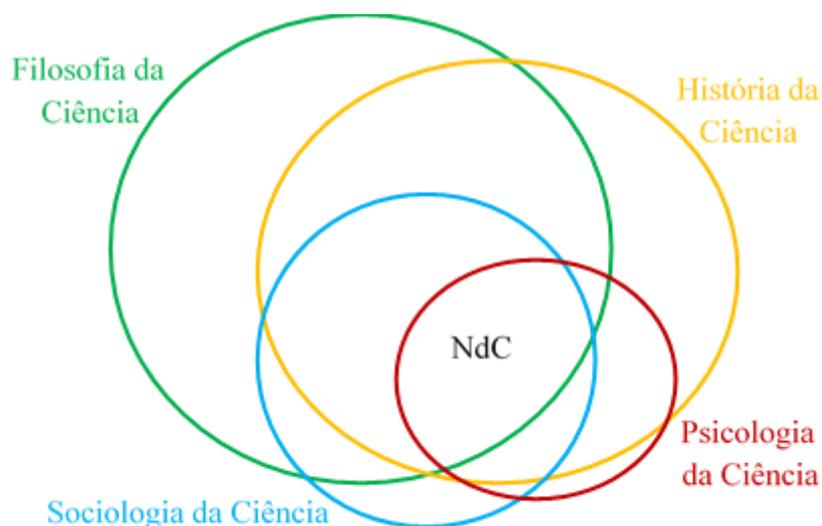
CAPÍTULO 4: HISTÓRIA DA CIÊNCIA E INTERFACE COM O ENSINO

Durante algum tempo, a ciência foi vista como neutra e independente da sociedade em que era realizada. Porém, sabe-se que isso não ocorre e que a ciência traz aspectos ideológicos, convicções filosóficas e compromissos ontológicos. Esses e outros pontos fazem parte do que epistemólogos chamam de Natureza da Ciência (NdC). De acordo com Silva e Moura (2008, p. 1602-1), a NdC “é um conjunto de conhecimentos sobre a ciência que trata de seus métodos, objetivos, limitações, influência, etc., sendo sua inclusão no ensino de ciências uma das metas atuais da educação”.

De acordo com McComas, Clough e Almazroa (2002), a Natureza da Ciência é uma combinação de vários aspectos de estudos sociais da ciência – incluindo história, sociologia e filosofia da ciência – juntamente com pesquisas das ciências cognitivas – como psicologia – em uma rica descrição do que é ciência, como funciona, como os cientistas funcionam como um grupo social e como a própria sociedade dirige e reage aos esforços científicos. A interseção dos vários estudos sociais da ciência é a possibilidade de uma perspectiva mais ampla de ciência.

Os autores McComas e Olson (2002), ao analisarem documentos oficiais internacionais de educação, constataram a intersecção das esferas da Filosofia da Ciência, História da Ciência, Sociologia da Ciência e Psicologia da Ciência, sendo a interface, a Natureza da Ciência, conforme ilustrado pela Figura 7.

Figura 7: Intersecções das esferas da NdC



Fonte: McComas e Olson (2002).

Ainda se tratando do trabalho de McComas e Olson (2002), os pesquisadores identificaram nos documentos analisados categorias em cada esfera que intercepta a Natureza da Ciência. As categorias estão apresentadas no Quadro 9.

Quadro 9: Categorias em cada esfera da NdC

Esfera	Categorias
Filosofia da Ciência	O conhecimento científico é estável
	O conhecimento científico é experimental
	A ciência nunca será terminada
	A ciência depende de evidências empíricas
	A ciência depende de argumentos lógicos
	A ciência depende do ceticismo
	A ciência pretende ser objetiva
	A ciência pretende ser testável
	A ciência pretende ser consistente
	A ciência pretende ser precisa
	O conhecimento científico é baseado na observação
	O conhecimento científico é baseado em evidências experimentais
	O conhecimento científico é baseado em uma análise cuidadosa
	Mudança na ciência resulta da informação de melhores teorias
	Há muitas maneiras de fazer investigações científicas
	A ciência tem limitações inerentes
	A ciência é uma tentativa de explicar fenômenos
	Para aprender sobre como a ciência opera, é vital no vocabulário: observação; hipótese; lei; teoria; inferência; modelos
	História da Ciência
O passado ilumina a prática científica atual	
Mudança na ciência ocorre gradualmente	
Mudança na ciência ocorre por meio de revoluções	
Pesquisa científica é ditada pelos paradigmas vigentes	
Pesquisa científica é ditada por interesses nacionais e/ou corporativos	
A ciência tem implicações globais	
A tecnologia impactou a ciência	
A ciência faz parte da tradição intelectual	
A ciência é parte da tradição social	
A ciência é parte tradição cultural	
A ciência tem desempenhado um papel importante na tecnologia	
A ciência tem estado no centro de muitas controvérsias	
Ideias científicas são afetadas por seu meio social e histórico	
A ciência se baseia no que aconteceu antes	

(Continua)

(Continuação)

Esfera	Categorias
Sociologia da Ciência	Todas as culturas (podem) contribuir para a ciência
	A ciência é um esforço humano
	Novos conhecimentos devem ser relatados clara e abertamente
	Cientistas tomam decisões éticas
	Os cientistas exigem: manutenção de registros precisos; revisão por pares; replicabilidade; relatórios verdadeiros
	Cientistas trabalham colaborativamente
Psicologia da Ciência	Observações são carregadas de teoria
	Os cientistas devem estar abertos a novas ideias
	Os cientistas devem ser intelectualmente honestos
	Os cientistas são criativos

Fonte: Adaptado de McComas e Olson (2002).

O interessante desse trabalho é que os autores, ao analisarem os documentos, conseguem elencar categorias para cada esfera que compõe a Natureza da Ciência. Com isso, se tem um bom panorama das perspectivas e da importância de cada componente para a compreensão da ciência em si. Como apontado por Silva e Moura (2008), é imprescindível que o ensino inclua tais elementos e que ensinar ciência deve ser acompanhado de ensinar *sobre* a ciência. Nas palavras de Moura (2014, p. 32),

A compreensão da Natureza da Ciência é considerada um dos preceitos fundamentais para a formação de alunos e professores mais críticos e integrados com o mundo e a realidade em que vivem. Por isso, a defesa pela incorporação de discussões sobre a NdC no ensino tem sido uma constante em diversos âmbitos da educação, desde as políticas governamentais até as pesquisas acadêmicas. Neste caminho, tem se destacado a importância da História e Filosofia da Ciência como uma das maneiras de promover uma melhor compreensão da Natureza da Ciência, à medida que seus estudos historiográficos trazem elementos que subsidiam discussões acerca da gênese do conhecimento científico e os fatores internos e externos que a influenciam.

Dessa forma, a História da Ciência forma um caminho possível para discutir a Natureza da Ciência, uma vez que é uma esfera participante da intersecção da NdC. No presente trabalho, escolheu-se trabalhar apenas com a esfera da HC por acreditar que é mais próxima da compreensão e realidade do aluno. Por isso, as discussões que seguem estão voltadas para a esfera da História da Ciência, uma vez que ela tem como objeto a ciência como um fenômeno social e cultural e estuda “a história dos homens que se

esforçam por investigar e compreender a estrutura e o funcionamento da natureza” (GAVROLU, 2007, p. 21).

A utilização da HC no Ensino de Ciências ainda não é consensual entre especialistas em Educação justamente por ser uma temática relativamente recente nesse meio. Entre aqueles que aceitam a utilização da HC no Ensino concordam em vários pontos, como: a HC como ferramenta para estudo e entendimento da Natureza da Ciência; a HC como caráter revolucionário e evolucionário (MARTINS, 2005; HENRIQUE, 2011). Dentre esses pontos, levanta-se uma especial importância para a HC no Ensino de Ciências para o entendimento da Natureza da Ciência, como já comentado. Os dois próximos tópicos deste capítulo são destinados a discutir os estudos da HC e a sua interface com o ensino.

História da Ciência: afinal, o que é isso?

Ao se tratar de História da Ciência é importante deixar claro que os estudos nessa área não se limitam a juntar *História* e *Ciência* (ALFONSO-GOLDFARB, 2004), uma vez que a HC se desenvolveu dentro da Ciência e sempre esteve mais próxima da Filosofia do que da História, propriamente dita. Como ressaltado por Maia (2013, p. 11), “a História da Ciência era uma espécie de “terra de ninguém”, ou de todos, desenvolvida a margem da ação dos historiadores e dos departamentos de história”. Essa percepção está ligada com a crença geral da sociedade de que a ciência não tem relação com coisas humanas, ou seja, ela não possui subjetividade, e isso causa uma forte ruptura entre natureza e cultura. Assim sendo, a História não considerou por muito tempo as Ciências Naturais como objeto de estudo, já que não era vista como constructo humano e, de acordo com Maia (2013), há uma dupla responsabilidade pela ausência de historiadores na história da ciência: da História da Ciência em si e da própria História. Somente depois do século XIX, a HC foi agregando outros campos do conhecimento ao seu debate, formando um campo original de pesquisa (ALFONSO-GOLDFARB, 2004).

De acordo com Maia (2013), as primeiras obras de História da Ciência são datadas do século XVII, como atas de academias de Ciência. No século XIX e início do século XX, a ideia do progresso constante e necessário ao espírito humano era algo muito presente, o que refletia na forma como se escrevia a História, ou seja, o conhecimento que não respondia aos questionamentos da época, que não fossem considerados bem-sucedidos, não precisariam ser estudados. O resultado desse modelo da HC é ter a

percepção de que todo o conhecimento do passado só era importante para se alcançar a ciência da atualidade. Como consequência disso, tem-se uma História feita com grandes nomes de gênios solitários, conhecidos como “pais” de uma determinada área do conhecimento, em que se desconsidera todos os caminhos do fazer científico, os debates científicos e as diferentes ideias conviventes em uma mesma época (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2014). Essa perspectiva de que o conhecimento científico se acumula ao longo dos tempos é conhecida como abordagem historiográfica tradicional da História da Ciência e perdurou até início do Século XX (ALFONSO-GOLDFARB, 2004; BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2014).

Ao longo do tempo foi se construindo uma mitologia em torno da ciência como algo especial, afastando-se outras pessoas não cientistas desse conhecimento. Alguns cientistas perceberam essa ideia do *status* do conhecimento científico e começaram movimentos contrários a isso (MAIA, 2013). Foi surgindo uma nova forma de perceber a ciência, na qual se pensava como e em que medida ocorria a influência do meio social na evolução dos conceitos científicos. No trabalho de Beltran, Saito e Trindade (2014), os autores apontam para uma mudança de percepção a partir do *II Congresso Internacional de História da Ciência*, em 1931, em que o russo Boris Hessen (1893 – 1935) apresentou um informe sobre os *Princípios* de Newton no qual considerava fatores sociais e ligados ao próprio período em que ele viveu (ALFONSO-GOLDFARB, 2004). Uma nova forma de escrever a HC foi surgindo e tomando forma, ficando conhecida como perspectiva externalista. Nessa forma de escrever e contar sobre a Ciência, leva-se em conta o fato da Ciência ser uma atividade humana, sendo estudada em um conjunto social, político e econômico da época para ser compreendida. Em contrapartida, a visão internalista, como era até então, pressupunha uma Ciência neutra dentro da sua própria dinâmica, isolada da sociedade que a gerou (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2014).

Ainda com essas abordagens externalista, e internalista da História da Ciência, se tem certo olhar de progresso contínuo, ou seja, em ambas as histórias a visão do processo interativo mais geral, se perde (MAIA, 2013). De acordo com Maia (2013), o esgotamento da divisão entre história externalista e internalista é apontado como um fator para o surgimento dos chamados *science studies*¹⁷ na década de 1970. Como apontam Beltran,

¹⁷ Movimento que surgiu na segunda metade do século XX que ficou caracterizado pelos discursos sobre ciência e sobre estudos sociais do conhecimento. “É uma das áreas da filosofia da ciência que mais cresceu nos últimos 50 anos. Em um dos seus ramos, o movimento dedicou-se especialmente a refletir sobre a relação entre prática científica e política” (SILVA, 2010, p. 12).

Saito e Trindade (2014), para alguns autores como o francês Gaston Bachelard (1884 – 1962), que apesar de viver em um momento de entendimento de progressão contínua da ciência, ainda havia alguns obstáculos, algumas quebras nesta evolução. Assim, novas perspectivas começaram a aparecer na segunda metade do século XX, como as do estadunidense Thomas Kuhn (1922 – 1996) e seu conceito de incomensurabilidade de paradigmas científicos¹⁸, mostrando que a ciência do passado não é melhor e nem pior do que a ciência contemporânea (KUHN, 2011). Kuhn ao dizer que a História não se aprofunda no conteúdo efetivo das Ciências tal como o faz em relação a outras disciplinas, considera o principal obstáculo que separa a História e a História da Ciência: “Ao tratar a literatura, a arte ou a filosofia, os historiadores, como sugeri, leem as fontes, coisa que não fazem nas Ciências. A ignorância do historiador, inclusive sobre as mais importantes etapas do desenvolvimento da Ciência, não tem paralelo nas outras disciplinas que maneja” (KUHN, 1982, p. 178, tradução da autora). Mesmo diante desta exposição, a História da Ciência passa a ser vista com certas rupturas, ou seja, trazendo para a tendência historiográfica de continuidade versus descontinuidade (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2014).

Ainda em meados do século XX, o alemão Walter Pagel (1898 – 1983), a inglesa Frances Yates (1899 – 1981) e o estadunidense Allen Debus (1926 – 2009), trouxeram uma nova perspectiva a partir de releituras de ideias antigas, em que se começou a estudar textos históricos no contexto de sua produção. Essas ideias levaram ao que hoje se conceitua como a historiografia atual, segundo a qual se consideram as rupturas e as descontinuidades da ciência no decorrer do tempo, além de considerar aspectos internos e externos, fazendo um mapeamento e contextualização da ciência produzida em um determinado período e contexto social (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2014).

Todos estes aspectos abordados até aqui são importantes para compreender a forma como a Ciência foi descrita ao longo do tempo, e isso está relacionado com a forma como a Ciência é abordada nas escolas e como é ensinada. Assim, a HC tem papel muito importante na compreensão da Ciência no âmbito escolar, tema que será melhor detalhado a seguir.

¹⁸ A principal ideia trabalhada por Thomas Kuhn é que as concepções de mundo se alteram com a mudança de um paradigma. Para Kuhn a ciência se desenvolve da seguinte maneira: pré-ciência > ciência normal > crise-revolução > nova ciência normal > nova crise (CHALMERS, 1993). Kuhn defende a ideia de que a mudança de visão de mundo é muito grande quando se está em um novo paradigma. O que muda com o paradigma é apenas a interpretação que os cientistas dão às observações que estão, elas mesmas, fixadas de uma vez por todas pela natureza do meio ambiente e pelo aparato perceptivo (KUHN, 2011). E, por isso, um paradigma é incomensurável com o seguinte.

Interface História da Ciência e Ensino

Utilizar a História da Ciência no Ensino vai além do que contar histórias e fatos sobre um aspecto científico. Consiste em buscar oferecer subsídios para o aluno compreender a ciência e pensar no mundo e sobre o mundo de forma mais crítica (DENARI; CAVALHEIRO, 2016). A HC não é uma substituição do ensino de ciências, mas sim uma forma para compreender como os cientistas pensavam em determinada época; como eles trabalhavam; qual a relação entre a ciência e suas influências no campo sócio-político, bem como analisar os diversos modelos de elaboração de conhecimentos (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2014).

Existem algumas concepções que é preciso desmistificar, como uma Ciência que é: empírico-indutivista e atórica; rígida; aproblemática e ahistórica; acumulativa e de crescimento linear; individualista e elitista; socialmente neutra (CACHAPUZ, 2005; MARTINS, 2006; GIL-PÉREZ et al, 2001). A HC permite assim desmitificar estes e demais pontos, pois a ciência não é imutável, não é verdadeira se isolada de seu contexto sócio-político-cultural e nem surge na cabeça dos grandes cientistas. Esta é uma visão falsa, pois se “as teorias científicas vão sendo construídas por tentativa e erro, elas podem chegar a se tornar bem estruturadas e fundamentadas” (MARTINS, 2006, p. xix). Dessa forma, a HC possibilita aos alunos refletir e discutir a origem e a transformação de conceitos sobre a natureza, as técnicas e as sociedades, além de auxiliar no aprendizado dos conteúdos em si.

Apesar de representar uma ferramenta importante no ensino de ciências, a História da Ciência ainda não está incluída na maioria dos programas educacionais. A sugestão é que a História da Ciência deveria ser introduzida primeiramente no nível superior (DENARI; CAVALHEIRO, 2016). Em alguns cursos de licenciatura na área de ciências naturais a HC já é prevista, de acordo com as Diretrizes Curriculares para o Ensino Superior, apesar de na prática ainda serem incomuns (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2014). Além disso, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para o ensino médio e fundamental (BRASIL, 2000) também indicam a utilização da HC em algumas áreas do conhecimento.

É consensual que a utilização da HC sugerida nos documentos oficiais não deve ser apenas um ornamento no currículo, mas devem contribuir para o entendimento do processo de elaboração da ciência. Quando se analisa tais documentos não se observa a HC entre conteúdos básicos ou específicos para a formação do químico (PORTO, 2011).

Dessa forma, é vago como a HC deve ser contemplada para o desenvolvimento das competências e habilidades do estudante. De qualquer forma, para que isso ocorra, é necessário que o professor não só conheça, mas que também domine as estratégias didáticas para desenvolver questões da História da Química. De acordo com Porto (2011), o professor precisa analisar criticamente textos de HC, sabendo identificar as tendências historiográficas e decidindo como utilizar as informações de cada fonte.

Importante destacar a questão da formação do professor para o debate crítico da História da Ciência no Ensino. Encontram-se ainda algumas outras barreiras para a interface HC e Ensino que implicam na atuação do professor, como por exemplo, a falta de material didático. Professores com pouca ou nenhuma formação em História da Ciência e que se arriscam no assunto podem levar ao desserviço (MARTINS, 2006), uma vez que podem não distinguir entre informações meticulosas daquelas menos precisas, o que pode levá-los a ensinar conhecimentos equivocados sobre o funcionamento da ciência.

Diante da necessária inclusão da HC para formação de professores (seja em formação inicial ou continuada), Porto (2011) sugere várias alternativas para os primeiros debates sobre a HC com o professor, mostrando os diversos vieses na produção de textos deste gênero: desde a leitura de textos de fontes primárias (“textos originais”) até alertas de como reconhecer bons textos ou não. Todos estes pontos levantados pelo autor convergem para outra discussão: a produção de materiais que subsidiam o trabalho do professor. Ainda há poucos livros didáticos e paradidáticos de fácil acesso ao professor sobre a História da Química ou de um determinado fato científico, o que causa maior dificuldade na seleção de conteúdos confiáveis para se trabalhar em sala de aula (MARQUES; CALUZI, 2005; EL-HANI, 2006).

Um ponto interessante levantado por Maia (2013) se refere aos historiadores que muitas vezes não tem a preparação científica que lhes permita dominar um fato científico profundamente o que faz com que cientistas se tornem historiadores – depois que “já fizeram tudo nos seus respectivos domínios e não tendo mais nada para fazer, caem, aposentados... na História da Ciência” (BARRADAS, 1979¹⁹ apud MAIA, 2013, p.26). Isso pode implicar em produções que muitas vezes não levaram em consideração

¹⁹ Barradas de Carvalho, J. Por uma nova história do pensamento. *Clio. Revista do centro de história da universidade de Lisboa*, v.1, 1979, pp. 7-19.

consultas a fontes primárias²⁰ podendo acarretar em pouco aprofundamento de discussão, permanência de erros factuais e concepções historiográficas tradicionais e já ultrapassadas (PORTO, 2011).

No Brasil há tendência de diminuir esta realidade, pois existem vários grupos que têm se dedicado não só a fazer pesquisa e se aprofundar na formação em História da Ciência, como também buscam sua interface com o Ensino. Exemplos são grupos de pesquisa que objetivam aproximar a HC da realidade escolar, seja pela produção de materiais, seja por investir na formação de docentes. Alguns deles como: grupo de estudos “História da ciência e ensino” da PUC de São Paulo (CESIMA, 2018); o “Grupo de Pesquisa em História da Ciência e Ensino de Química” da USP de São Paulo (GHQ, 2018); o “Grupo de História, Teoria e Ensino de Ciências”, liderado por pesquisadores da USP de São Carlos e UNICAMP (GHTC, 2018); o “Núcleo de Investigação em Ensino, História da Ciência e Cultura”, liderado por pesquisadora do CEFET-RJ (NIEHCC, 2019); o “Grupo de História da Ciência e Ensino” da Universidade Estadual da Paraíba (GHCEM, 2019). Além desses grupos de pesquisa, há esforços de vários pesquisadores em divulgar pesquisas que busquem a interface HC e Ensino (SILVA, C., 2006; CARNEIRO; CALUZI; ROTHBERG, 2014; GATTI; NARDI, 2016), como também revistas científicas especializadas (HCENSINO, 2018).

Todos os esforços de pesquisadores e grupos de pesquisas apontam para a compreensão de que inserir a HC no ensino é importante, mas nem sempre trivial. A interface não se restringe a contação de história, leituras de textos ou meras reproduções experimentais de pesquisadores do passado. É preciso comprometimento de educadores e estudantes com a análise de diferentes formas de elaborar o conhecimento científico (BELTRAN, SAITO E TRINDADE, 2014). Uma maneira de começar um movimento nesse sentido é mostrar ao professor que existem diversos vieses que podem orientar a produção de textos do gênero da HC (PORTO, 2011).

Para concluir a revisão desse capítulo, se reforça a importância da HC para os alunos, com uma frase de Gagliardi e Giordan (1986, p. 254):

A História da Ciência pode mostrar em detalhes alguns momentos de transformação profunda de uma ciência e indicar quais foram às relações sociais, econômicas e políticas que entram em jogo, quais

²⁰ As fontes primárias são diversos tipos de materiais que foram produzidos por pesquisadores e estudiosos do passado e que ficaram registrados até hoje. A literatura secundária se refere a textos escritos sobre os originais por pesquisadores terceiros, buscando uma análise para compreender a produção do conhecimento que há naqueles originais (DENARI; CAVALHEIRO, 2016).

foram as resistências a transformação e que setores trataram de impedir mudanças [Tradução da Autora].

Nesta afirmação de Gagliardi e Giordan, nota-se a importância que a HC tem para tratar assuntos que têm relações econômicas, políticas, sociais, culturais e ambientais. Todos esses conhecimentos são tecidos juntos e, portanto, inseparáveis, devendo enfrentar a complexidade (MORIN, 2002). Um exemplo da importância da HC para entender assuntos complexos são as questões das mudanças climáticas e a intensificação do efeito estufa, discutidas no presente trabalho.

Diante de tudo o que foi apresentado sobre a interface História da Ciência e Ensino, são perceptíveis alguns pontos de possibilidades e outros de desafios. O Quadro 10 apresenta categorias que foram compiladas ao longo da discussão desse tópico e que resumem a interface HC e Ensino. As categorias reafirmam a importância de investir na formação de professores, seja ela inicial ou continuada.

Quadro 10: Categorias da Interface HC e Ensino

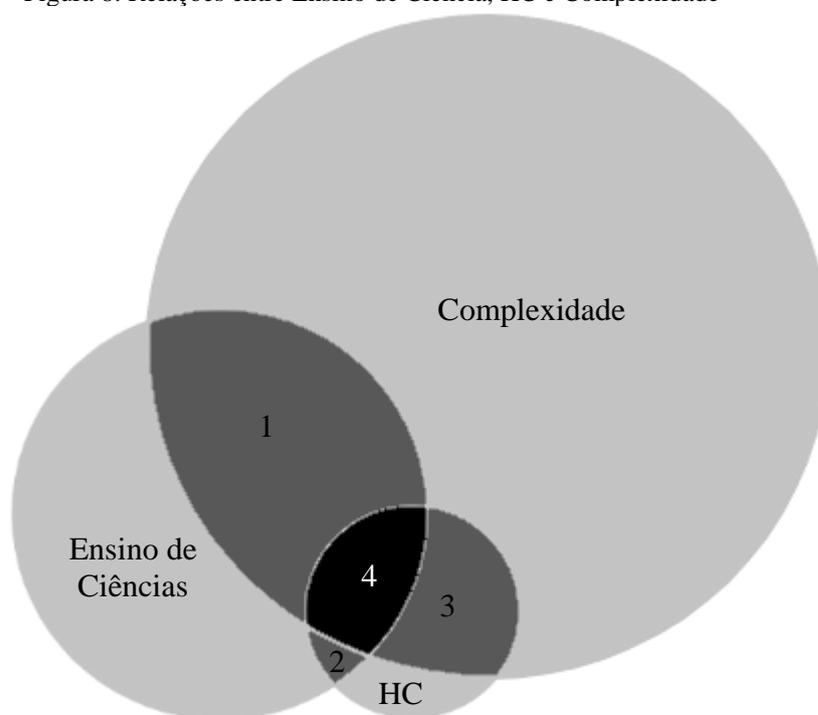
Possibilidades/ Desafios	Categorias
Possibilidades	Visão mais adequada de Natureza da Ciência
	Aproximação do aluno do fazer científico
	Facilitadora da transformação conceitual
	Motivador de aprendizagem
	Permite trabalhar concepções alternativas
	Humanizar a ciência
	Torna as aulas mais desafiadoras e críticas
	Compreensão profunda dos conceitos científicos
	Auxiliar professor nas dificuldades de aprendizagem do aluno
	Promove nos professores maior compreensão dos debates contemporâneos
Desafios	Equívocos da própria Natureza da Ciência
	Falta de material didático
	Formação adequada em História da Ciência

Fonte: Autoria própria.

CAPÍTULO 5: ANÁLISE DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Com base no que foi discutido até o momento, reafirma-se a importância da presente pesquisa no que diz respeito aos estudos da interface entre o pensamento complexo e a História da Ciência. Estudos que relacionam o pensamento complexo com o ensino de Ciências são conhecidos na literatura (AUGUSTO et al., 2004; WATANABE-CARMELLO; STRIEDER, 2011; REIS, 2013; FERNANDES-SILVA; COSTA; BORBA, 2016; CARVALHO; WATANABE; RODRÍGUEZ-MARÍN, 2017; CARVALHO; WATANABE, 2017), que é representado no ponto 1 da Figura 8.

Figura 8: Relações entre Ensino de Ciência, HC e Complexidade



Fonte: Autoria própria.

A interface entre História da Ciência e Ensino vem sendo muito discutida e trabalhada. Na Figura 8, essa intersecção é representada pelo número 2. Já o encontro das esferas do pensamento complexo e da História da Ciência é representado na Figura 8 pelo número 3, sendo o eixo de investigação da presente tese. Vale ressaltar que a intersecção HC e complexidade quase não está presente na literatura, sendo o trabalho de Rosella (2004) uma primeira tentativa de aproximação.

A intersecção representada pelo ponto 4 da Figura 8, corresponde a aproximação das atividades desenvolvidas com os licenciandos com os pontos teóricos levantados nesse trabalho. Dessa forma, nos tópicos que se seguem são apresentadas as discussões

para se alcançar uma resposta para a questão de pesquisa, além da compreensão das possíveis relações existentes entre as esferas apresentadas.

Primeiramente buscou-se analisar as relações prováveis entre os princípios do pensamento complexo colocados por Edgar Morin no Capítulo três e as categorias presentes nas discussões sobre História da Ciência e seu uso apresentadas no Capítulo quatro – intersecção 3 da Figura 8, ponto muito importante que dará fundamentação para as demais análises do presente capítulo.

No tópico seguinte, discutem-se os dados levantados com os licenciandos, que seguem os passos da análise do conteúdo. Apresenta-se as categorias identificadas nas unidades de análise, bem como suas descrições e importâncias para o desenvolvimento do trabalho. Organiza-se em quadros e discute-se a forma como os licenciandos estabeleceram conexões entre os conhecimentos trabalhados e as problemáticas ambientais por meio da perspectiva complexa.

Por fim, com as categorias levantadas dos dados e as relações estabelecidas entre os princípios da complexidade de Morin e HC, argumenta-se sobre as possibilidades de inter-relações e como elas se deram na proposta de ensino –intersecção 4 da Figura 8. As discussões que se seguem buscam compreender de que forma os licenciandos puderam desenvolver uma percepção mais próxima do pensamento complexo por meio dos debates, planejamentos, execução de aulas e cursos envolvendo discussões sobre o desenvolvimento histórico da ciência em relação ao efeito estufa intensificado. De alguma forma, busca-se entender como a HC pode proporcionar maior compreensão do todo e suas partes constitutivas, rompendo com a fragmentação do conhecimento.

Relação entre os princípios da complexidade de Edgar Morin e a HC

De acordo com o que foi apresentado no Capítulo três, Morin (2006) discute em seus trabalhos sete princípios chamados: Princípio sistêmico ou organizacional; Princípio hologramático; Princípio do circuito retroativo; Princípio do circuito recursivo; Princípio da autonomia/dependência (auto-organização); Princípio dialógico; Princípio da reintrodução do conhecimento em todo conhecimento.

Os princípios são facilitadores da compreensão das dimensões da teoria proposta pelo autor francês. Dessa maneira, entendendo que o pensamento complexo vai além dos princípios apontados, sendo indicativos da sua existência, almeja-se compreender suas possíveis relações entre eles e a História da Ciência. A proposta elaborada na presente

tese é aproximar os princípios da complexidade de Morin e as categorias retratadas das discussões presentes na perspectivas sobre HC e das possibilidades de interface HC e ensino, conforme o Quadro 11.

Quadro 11: Possível aproximação entre complexidade, HC e ensino

Operadores da Complexidade	Princípios da Complexidade	História da Ciência* e História da Ciência e Ensino
Dialógico	Princípio dialógico	A ciência se baseia no que aconteceu antes
		O passado ilumina a prática científica atual
	Princípio da reintrodução do conhecimento	Mudança na ciência ocorre gradualmente
		Mudança na ciência ocorre por meio de revoluções
		Pesquisa científica é ditada pelos paradigmas vigentes
		A ciência tem estado no centro de muitas controvérsias
		Novas ideias científicas foram frequentemente rejeitadas
		Facilitadora da transformação conceitual
		Compreensão profunda dos conceitos científicos
		Aproximação do aluno do fazer científico
		Permite trabalhar concepções alternativas
		Motivador de aprendizagem
		Humanizar a ciência
		Torna as aulas mais desafiadoras e críticas
Auxiliar professor nas dificuldades de aprendizagem do aluno		
Recursivo	Princípio do circuito recursivo	A tecnologia impactou a ciência
		A ciência tem desempenhado um papel importante na tecnologia
		Pesquisa científica é ditada por interesses nacionais e/ou corporativos
	Princípio do circuito retroativo	Ideias científicas são afetadas por seu meio social e histórico
	Princípio da auto-organização	A ciência faz parte da tradição intelectual
		A ciência é parte da tradição social
A ciência é parte tradição cultural		
Sistêmico	Princípio hologramático	A ciência tem implicações globais
	Princípio sistêmico	Visão mais adequada de Natureza da Ciência Promove nos professores maior compreensão dos debates contemporâneos

*Baseado nas categorias de HC de McComas e Olson (2002).

Fonte: Autoria própria.

Para facilitar a análise do quadro, apresentam-se os subtópicos a seguir cada um dos princípios da complexidade de Morin justificando cada categoria relacionada à HC. A escolha por separar em categorias e tópicos foi feita para facilitar a compreensão entre as possíveis relações existentes nos dois campos de conhecimento. É possível que uma categoria da História da Ciência e/ou sua interface com o ensino se encaixe em mais de um princípio da complexidade, o que não está evidenciado no Quadro 11. Optou-se por apresentar no referido quadro apenas uma vez cada categoria, encaixando-a no princípio que melhor justifique suas relações.

As categorias de discussão da HC se relacionam entre si, conforme já apresentado no Capítulo quatro e, portanto, seria inapropriado fazer a separação e classificação sem ao final mostrar como essa rede está ligada. A proposta é dialogar de que forma justifica-se que as categorias de discussão da HC se aproximam com o pensamento complexo. Assim, no decorrer dos próximos subtópicos, explicam-se as aproximações que estão presentes no Quadro 11 e, ao final da discussão, apresenta-se uma melhor forma de esquematização das prováveis inter-relações entre os princípios da complexidade e as categorias de discussão da História da Ciência.

Princípio dialógico

Ao analisar o princípio dialógico é necessário lembrar que ele se remete à união de duas noções que são antagônicas e complementares ao mesmo tempo. As categorias da História da Ciência, apresentadas no Quadro 11, que se aproximam dessa ideia são: *a ciência se baseia no que aconteceu antes e o passado ilumina a prática científica atual*.

Em um primeiro momento, analisar o passado científico pode carregar a ideia antagônica para os modelos de ciência atual. Contudo, na mesma proporção, a dicotomia passado-presente são também ideias complementares, ou seja, é necessário ter conhecimento do passado para compreensão dos estudos presentes. Por exemplo, na historização do conceito de efeito estufa, Arrhenius se baseou nos trabalhos de Fourier para construir sua discussão. Isso não quer dizer que a ciência seja construída de maneira linear, apenas se referenciando em eventos passados que são aceitos na atualidade ou que dão sustentação para ideias atuais.

A ciência não é uma construção contínua, mas existe a ideia de se basear nos trabalhos já existentes. Vale ressaltar que o ponto levantado não é sobre a percepção de

olhar o passado da ciência com o intuito de selecionar apenas o que é hoje aceito. Como colocam os autores Beltran, Saito e Trindade (2014, p. 35),

O resultado desse modelo historiográfico continuísta, que obrigava a ciência a olhar o passado e selecionar apenas o que havia permanecido, é anacrônico e indica que todo o conhecimento do passado tinha como objetivo evoluir para chegar à ciência de hoje.

Um ponto importante a se destacar, no entanto, é que dificilmente separa-se o olhar do historiador, suas convicções e entendimentos do presente no momento em que se analisa o passado. A tentativa é manter-se distante, sem levar as perspectivas anacrônicas, mas executar isso em sua completude é impossível, uma vez que o historiador da ciência é carregado dos conhecimentos do presente.

Dessa forma, é importante conhecer o passado científico para compreender as práticas presentes atuais. Assim, embora a ideia de passado e presente sejam antagônicas elas são, ao mesmo tempo, complementares. O princípio seguinte também se relaciona com o operador dialógico.

Princípio da reintrodução do conhecimento em todo conhecimento

Esse princípio permite a discussão sobre a reforma do pensamento, pois todo conhecimento é uma tradução de uma dada cultura e dado tempo. Dessa forma, as categorias de História da Ciência que se aproximam dessa ideia são: *mudança na ciência ocorre por meio de revoluções, pesquisa científica é ditada pelos paradigmas vigentes, a ciência tem estado no centro de muitas controvérsias e novas ideias científicas foram frequentemente rejeitadas.*

As mudanças na ciência, sejam elas de forma gradual ou por revoluções, são acompanhadas de reformas de pensamento. Para Kuhn (2011), concepções de mundo mudam com a mudança de um paradigma, ou seja, ocorrem por revoluções. O autor cita que após uma revolução, “é como se a comunidade profissional tivesse sido subitamente transportada para um novo planeta, onde objetos familiares são vistos sob uma luz diferente e a eles se apegam objetos desconhecidos” (KUHN, 2011, p. 147). Com isto, nota-se que Kuhn defende a ideia de que a mudança de visão de mundo é muito grande quando se está em um novo paradigma. Vale ressaltar que não é o mundo que muda e sim sua forma de vê-lo, ou seja, há uma reforma do pensamento, como propõe Morin.

A epistemologia tem mostrado que as questões sobre a ontologia da ciência são muito mais emaranhadas e nem sempre em um consenso (FEYERABEND, 1977; LAKATOS; MUSGRAVE, 1979).

Dessa forma, fica evidente que a perturbação de um paradigma vigente pode causar a mudança de visão de mundo e que o sujeito passa não mais ver o mundo da mesma forma, pois, suas ideias são incomensuráveis. Por isso, a categoria *pesquisa científica é ditada pelos paradigmas vigentes* pode ser colocada nesse princípio da reforma do pensamento descrito por Morin (2006).

Ainda buscando entender a construção científica pelas lentes de Kuhn (2011), o autor usa argumentos em sua obra, exemplificando-os com a História da Ciência, as anomalias dos paradigmas vigentes e os períodos de crise. Inicia com as mudanças na visão de mundo nos episódios da astronomia, como o do descobrimento do Urano e de alguns apontamentos de Copérnico. Explica episódios da concepção de eletricidade desde o século XVII para ilustrar na prática os termos percepção e visão e evidencia também suas ideias com o exemplo de Lavoisier e Priestley e a descoberta do oxigênio. Fecha esse ciclo de exemplos históricos com Galileu e o *impetus*. Por meio de todos seus exemplos, Kuhn tenta mostrar que

O que muda com o paradigma é apenas a interpretação que os cientistas dão às observações que estão, elas mesmas, fixadas de uma vez por todas pela natureza do meio ambiente e pelo aparato perceptivo. Dentro desta perspectiva, tanto Priestley como Lavoisier viram oxigênio, mas interpretaram suas observações de maneira diversa; tanto Aristóteles como Galileu viram pêndulos, mas diferiram nas interpretações daquilo que tinham visto (KUHN, 2011, p. 158).

Apesar disso, os paradigmas não são corrigidos pela ciência normal, ou seja, a visão de mundo muda, mas o que era visto antigamente não é corrigido, apenas deixa de ser utilizado. Assim, novas ideias podem ser rejeitadas quando ainda não há uma mudança coletiva do pensamento e, portanto, a ciência fica no meio de controvérsias; justificando as duas categorias: *a ciência tem estado no centro de muitas controvérsias e novas ideias científicas foram frequentemente rejeitadas*.

A temática do efeito estufa intensificado é um exemplo que gera muitas controvérsias no meio científico. Apesar do consenso da maioria dos pesquisadores de grandes áreas do conhecimento, como a química, a física, a sociologia, a antropologia, a ecologia, a biologia, ainda há divergências no que tange a ação antropogênica no

fenômeno. O exemplo do efeito estufa intensificado põe à prova que a ciência não é livre de percepções diversas, ou seja, ela é uma construção humana. Notar isso é importante para compreender a *humanização da ciência*, uma das categorias da HC relacionadas ao *princípio da reintrodução do conhecimento em todo conhecimento*.

Outras categorias, referentes à interface da HC com ensino, também se aproximam do presente princípio, como: *facilitadora da transformação conceitual, compreensão profunda dos conceitos científicos, aproximação do aluno do fazer científico, permite trabalhar concepções alternativas, motivador de aprendizagem, torna as aulas mais desafiadoras e críticas e auxiliar professor nas dificuldades de aprendizagem do aluno*.

Ao compreender a ciência como construção humana, não isenta de valores e interesses e não fechada em si mesma, desperta-se para uma mudança de pensamento. Conforme já discutido, a História da Ciência contribui para maior motivação na escola, auxiliando a trabalhar concepções alternativas dos alunos além de facilitar transformações conceituais.

Analisando a categoria *aproximação do aluno do fazer científico* sob olhar fleckiano (FLECK, 2010), pode-se afirmar que o experimento não é decisivo para a formação de um conceito e de um fato científico, mas sim, todo um conjunto de conhecimentos, uma experiência, o saber experimental e o não-experimental dentro de um estilo de pensamento. Assim, mudanças de significado dentro das comunidades científicas constituem um processo natural e mudanças de pensamento ocorrem constantemente (MASSONI; MOREIRA, 2015).

Os dois princípios apresentados até o momento (princípio dialógico e princípio da reintrodução do conhecimento em todo conhecimento) formam o operador dialógico do pensamento complexo. O operador dialógico é um dos mais importantes para compreensão da teoria de Morin, uma vez que trata da mudança de percepção de mundo – em contexto escolar ou não. O operador recursivo é dividido em três princípios que são apresentados a seguir.

Princípio do circuito recursivo

Esse princípio aponta que os produtos e os efeitos são produtores e causadores do que os produz. As categorias da História da Ciência que se aproximam com o referido princípio são: *a tecnologia impactou a ciência, a ciência tem desempenhado um papel*

importante na tecnologia e pesquisa científica é ditada por interesses nacionais e/ou corporativos.

Dizer que a pesquisa científica é ditada por interesses nacionais e/ou corporativo é reconhecer que a ciência é produzida com influências externas, ou seja, não é neutra. Além disso, os interesses de grandes corporações estão relacionados com o desenvolvimento da tecnologia, que por sua vez, influencia no desenvolvimento científico. A relação entre ciência e tecnologia está tão interligada que hoje é uma área de conhecimento específica, denominada pelo acrônimo CTS (ciência, tecnologia e sociedade).

De acordo com Bazzo e colaboradores (2003, p. 119),

A expressão “ciência, tecnologia e sociedade” (CTS) procura definir um campo de trabalho acadêmico cujo objetivo de estudo está constituído pelos aspectos sociais da ciência e da tecnologia, tanto no que concerne aos fatores sociais que influem, na mudança da científico-tecnológica, como no que diz respeito às consequências sociais e ambientais.

Dessa forma, entende-se que a relação ciência e tecnologia não é trivial e sim traçada em rede. A ciência dos materiais pode ser também um exemplo apontado para a relação entre a ciência e a tecnologia, uma vez que se trata de um campo da ciência de caráter interdisciplinar. Outro princípio que também relaciona causas e feitos é o princípio do circuito retroativo.

Princípio do circuito retroativo

Nesse princípio, relaciona-se a categoria *ideias científicas são afetadas por seu meio social e histórico*, que corrobora com o conhecimento de que a causa age sobre o efeito e o efeito sobre a causa. Essa categoria também está relacionada com: *a ciência faz parte da tradição intelectual, a ciência é parte da tradição social e a ciência é parte tradição cultural.*

Um exemplo para justificar a relação entre as categorias no referido princípio pode ser o desenvolvimento de novas vacinas. A demanda para pesquisa de vacinas emerge do contexto social e histórico, sendo esse a causa para o efeito da pesquisa. Da mesma forma, o desenvolvimento de novo medicamento de imunização acarreta da resistência ou não, do contexto social e histórico em que está inserido, influenciando no desenvolvimento e

credibilidade da ciência. Assim, a ciência faz parte e é afetada pelas tradições culturais, sociais e intelectuais não só do seu próprio universo, mas no contexto no qual está inserida.

Utilizando ainda o caso das vacinas como exemplo, Benchimol (2001) e Pôrto e Ponte (2003) apontam que a história de seu desenvolvimento científico e sua aceitação no Brasil passou por algumas reformas e revoltas desde o início do século XX, incluindo o caso da revolta das vacinas. Apesar de maior adesão e aceitação pela vacinação, nota-se que há hoje uma nova resistência às imunizações no Brasil. Como assinala Sato (2018, p. 2),

O Programa Nacional de Imunizações (PNI) brasileiro é reconhecido por promover a vacinação gratuita de mais de 15 imunógenos e está cada vez mais complexo, tanto pelo aumento do número de vacinas fornecidas quanto pela diversificação de esquemas vacinais. Paradoxalmente, tal avanço traz consigo desafios inerentes à sua evolução, pois o controle das doenças devido às altas coberturas vacinais influencia a percepção dos riscos e benefícios para se vacinar. Desde a década de 1990, as coberturas vacinais infantis estavam acima de 95%, o que indica boa adesão da população à vacinação. No entanto, a partir de 2016, essas coberturas têm declinado cerca de 10 a 20 pontos percentuais. [...] Muitos fatores estão relacionados a essa queda, seja o enfraquecimento do Sistema Único de Saúde (SUS) ou aspectos técnicos como a implantação do novo sistema de informação de imunização, sejam aspectos sociais e culturais que afetam a aceitação da vacinação.

Por meio do relato apontado pela pesquisadora, gera-se a reflexão do quanto as pesquisas científicas e sua aceitação pela população está influenciada pelas tradições culturais e sociais. O meio social influencia as ideias científicas e as ideias científicas influenciam o meio, o que a população vai consumir e aceitar consumir.

Seguindo a mesmo raciocínio, pode-se debater assuntos controversos como é o caso do efeito estufa intensificado e as mudanças do clima, conforme já amplamente discutido na presente tese. Outro exemplo é o dos organismos geneticamente modificados (OGM) e sua aceitação pela população (GUIVANT, 2006; FURNIVAL; PINHEIRO, 2008; SOUSA et al, 2011). Assim, a compreensão pública de ciência influencia as demandas do desenvolvimento científico (JASANOFF, 2007) e, portanto, justifica-se que se insere no princípio de que a causa age sobre o efeito e efeito sobre a causa. O último princípio do operador recursivo tem relações próximas ao que foi discutido até o momento e apresentam-se reflexões no subtópico seguinte.

Princípio da autonomia/dependência (auto-organização)

Esse princípio aponta para a compreensão de que a energia é gasta para manter a autonomia, que é de inseparável dependência do ambiente. Aproximam-se a ele as categorias *a ciência faz parte da tradição intelectual, a ciência é parte da tradição social e a ciência é parte tradição cultural*. As categorias citadas já apareceram na justificativa do princípio descrito anteriormente, mas julgou-se que melhor se enquadram no princípio da auto-organização, sem excluir suas relações anteriores. Lembrando que as aproximações feitas no Quadro 11 são um indicativo de que há relação entre os princípios do pensamento complexo e as características da História da Ciência, sendo que uma categoria pode se inserir em mais de um princípio, como é o caso.

A organização da ciência ocorre no meio no qual está inserida, ou seja, sua organização só existe tal qual se conhece porque ela depende de suas tradições, sejam culturais, intelectuais e sociais. Não é possível compreender o fazer científico sem entender as suas relações com o coletivo que o produz.

De acordo com Rufatto e Carneiro (2009), os debates que envolvem o fazer ciência revelam que a prática científica não está imune aos direcionamentos que seus participantes e a sociedade lhes produzem. Para os autores, as ideias do epistemólogo Karl Popper (1902 – 1994) podem contribuir para as discussões sobre a dependência do ambiente uma vez que “ele apresenta sua concepção de ciência conscientemente associada a certos valores e a uma determinada visão de sociedade” (RUFATTO; CARNEIRO, 2009, p. 270).

Dessa forma, a energia que se gasta para manter a organização científica depende do meio que nas categorias aqui relacionadas são chamadas de tradição intelectual, cultural e social. Os demais princípios da complexidade de Morin relacionam-se com o operador sistêmico e que são apresentados a seguir.

Princípio hologramático

Compreende-se por esse princípio que o todo compõe a parte e a parte compõe o todo, ou seja, é necessária uma visão global da ciência e, por isso, a categoria que se aproxima é: *a ciência tem implicações globais*.

Pode-se retomar nesse subtópico as ideias de pensamento fragmentado e a necessária reforma de pensamento para uma percepção sistêmica. O pensamento

científico gera impactos globais, no sentido não só da própria construção do conhecimento, como também impactos na sociedade, na cultura e na política.

Assim, é necessária uma mudança de pensamento para compreender que a ciência não é fragmentada nas disciplinas que a constituem, mas sim, uma rede de relações e inter-relações que conectam cada parte. Para Silva Thiesen (2008), o método indutivo – dividir o objeto de estudo para compreender seus elementos e depois recompor o todo – reforça a tendência da especialização do conhecimento científico. A divisão do conhecimento em partes está intimamente ligada com o processo de fazer ciência e de ensinar ciência.

Como coloca Pombo (2005, p. 6),

Sabemos que a ciência moderna se constitui pela adoção da metodologia analítica proposta por Galileu e Descartes. Isto é, se constituiu justamente no momento em que adoptou uma metodologia que lhe permitia "esquartejar" cada totalidade, cindir o todo em pequenas partes por intermédio de uma análise cada vez mais fina. Ao dividir o todo nas suas partes constitutivas, ao subdividir cada uma dessas partes até aos seus mais ínfimos elementos, a ciência parte do princípio de que, mais tarde, poderá recompor o todo, reconstituir a totalidade. A ideia subjacente é a de que o todo é igual à soma das partes.

Morin (2006) faz uma crítica a esse pensamento de união das partes constitutivas do todo, como é sugerido por Descartes²¹. Para Morin, existe a totalidade do pensamento, não se reduzindo a sua somatória, sendo essa ideia discutida pelo princípio sistêmico.

Princípio sistêmico ou organizacional

Trata-se nesse princípio a totalidade do pensamento complexo, não o reduzindo a simples soma das partes que o constituem. Dessa forma, as categorias associadas ao princípio sistêmico foram as referentes à interface História da Ciência e Ensino, sendo elas: *visão mais adequada de Natureza da Ciência e promover nos professores maior compreensão dos debates contemporâneos*.

²¹ Novamente é necessário deixar claro que, apesar de Descartes propor a fragmentação do conhecimento como forma de melhor compreender seus estudos, em momento algum deixou de considerar a importância em se unir cada parte constitutiva desse conhecimento, como um todo interligado. A crítica lançada por Morin é de que nem sempre somente a soma das partes é suficiente para entender a completude de um pensamento.

Como já discutido, a compreensão da natureza da ciência envolve as esferas da história, da filosofia, da sociologia e da psicologia da ciência, o que necessita um pensamento mais amplo. De acordo com Rufatto e Carneiro (2009), o processo de ensinar precisa de maior atenção no que se refere a mudança de perfil conceitual. Para os autores,

(...) os debates a respeito do tema da mudança conceitual conduziram a uma percepção mais adequada a respeito da riqueza do processo de aprender ciências. E da mesma forma que o fazer ciência não está imune às influências de valores e concepções de sociedade, o ensinar ciências também teria de ser pensado à luz desses condicionamentos (RUFATTO; CARNEIRO, 2009, p. 270).

Seguindo o raciocínio dos autores, é importante investir na inserção da História da Ciência no ensino como forma de ampliar as percepções dos alunos e mostrar que a ciência é maior que a soma de suas partes constitutiva, tendo influências sociais e que, dessa forma, as construções do conhecimento pelos alunos também passam pelas mesmas influências.

Assim, finaliza-se as justificativas das aproximações entre os princípios da complexidade e as categorias da História da Ciência. As discussões aqui apresentadas foram uma primeira aproximação ao tema. A maneira que foram apresentadas as relações parece ser contrária até mesmo o que colocam os princípios, ou seja, fragmentou-se em categorias e breves explicações para justificá-las. Portanto, é importante mostrar que as relações entre o pensamento complexo e as categorias de discussão da HC não são lineares e pontuais; pelo contrário, são inter-relações que se justificam em forma de teias.

A Figura 9 é uma tentativa de aproximação entre ideias conectadas em redes e representadas como grafos, em que os nós em laranja são representações dos princípios e os em azul, das categorias da HC. As arestas também estão destacadas com cores, sendo: laranja, ligação entre princípios; verde, ligação entre categorias de discussão da HC; azul, ligação entre princípios da complexidade e categorias de discussão de HC. Assim, fica mais fácil visualizar as inter-relações ocorrentes.

Dessa maneira, fica evidente que a História da Ciência no ensino pode ser um facilitador do desenvolvimento do pensamento complexo. Assim, no próximo tópico desse capítulo são apresentados os resultados obtidos nas atividades desenvolvidas com licenciandos do último ano do curso de química.

Discussão das atividades com os licenciandos

As discussões presentes nesse tópico estão embasadas nas categorias que emergiram de todas as atividades realizadas e analisadas com os licenciandos, de acordo com Moraes (1999). Seguindo os passos do autor, a quarta etapa do processamento dos dados é a organização e a discussão. Assim, para melhor compreensão dos dados, é apresentado um breve relato sobre a adesão dos estudantes em cada atividade e seus *feedbacks*, para, em seguida, apresentar as unidades de análise que deram origem às categorias.

Os alunos que participaram das atividades em E1A+E2A realizaram as atividades de minicursos focados na temática efeito estufa intensificado por sugestão da pesquisadora e da professora responsável. Desenvolveram o plano e executaram o minicurso com base no tema e apresentaram demais atividades relacionadas.

O grupo 1, focou as discussões nas problemáticas ambientais causadas pela intensificação do fenômeno focalizando as ações humanas. Ao final, os licenciandos do grupo desenvolveram um jogo didático de tabuleiro, representados na Figura 10, com perguntas e respostas para estimularem os estudantes do ensino médio ao debate nas esferas que contemplam o tema: científicas, políticas, econômicas, históricas e sociais.

Vale reforçar que o grupo 1 desistiu do aceite da filmagem no momento da execução na escola parceira e, portanto, as contribuições que aparecem nos dados são a partir das anotações, fotos e áudio autorizado de algumas atividades que executaram.

O grupo 2 realizou um experimento simulador do efeito estufa natural e intensificado, com produção de CO₂ – detalhes do experimento no Anexo 1. Além disso, os licenciandos optaram por fazer discussões a partir de vídeos disponíveis na plataforma YouTube, para fomentar o debate controverso sobre a ação humana na intensificação do fenômeno.

Figura 10: Tabuleiro desenvolvido pelos licenciandos para minicurso



Detalhe da imagem ilustrando o início e fim do percurso (lado esquerdo e direito, respectivamente), os pinos dos jogadores (representados por um pinguim, um panda, ursos polares e uma foca). As ilustrações do tabuleiro contaram com imagens de queimadas, poluições atmosféricas de indústrias e bovinos que representavam a ação da pecuária como contribuinte do efeito estufa intensificado. Minicurso desenvolvido em escola parceira em Bauru-SP.

Fonte: Fotografia realizada pela pesquisadora com autorização do grupo envolvido.

De forma geral, ambos os grupos e todos os alunos constituintes participaram das ações e deram retornos positivos com a sequência de atividades realizadas afirmando despertar o interesse para uma nova percepção de mundo.

Já os licenciando que participaram de E1B+E2B sugeriram ao início das atividades que as temáticas dos minicursos não ficassem restritas ao efeito estufa intensificado e dessa forma a professora e pesquisadora indicaram a escolha dentro da temática ambiental. A proposta foi feita levando-se em conta a parceria com uma escola em Agudos (C1B), uma vez que a professora do ensino básico solicitou parceria que coubesse dentro da atividade programada da escola e que tinha por tema a Química e o meio ambiente. Dessa maneira, os alunos poderiam tratar questões complexas e de natureza científica a partir de temas da esfera ambiental, não se restringindo ao efeito estufa intensificado.

Um dos grupos (g3) abordou a temática dos *metais e o cotidiano*, trabalhando nos minicursos a problemática da extração de minérios e seus impactos ambientais, bem como outras negligências corporativas que causaram contaminação do solo e água na região de Bauru-SP. Além disso, o grupo trabalhou com a mídia e suas influências enquanto divulgadora científica para a população.

Já o outro grupo estudado (g4) escolheu a temática combustíveis, desenvolvendo atividades experimentais e teóricas que aproximassem os estudantes da complexificação do tema, apontando para questões: sociais, químicas, econômicas, políticas e ambientais. Os estudantes realizaram experimentos de queima de combustíveis para discussão sobre eficiência química e impactos ambientais atmosféricos.

Para a turma B, todos os minicursos (cidades de Agudos-SP, Pederneiras-SP e Bauru-SP) foram gravados e depois compartilhados com os respectivos grupos. Apesar de não ter sido analisadas as autoavaliações de cada grupo para a construção das categorias – conforme apresentado no Quadro 2 –, é importante deixar registrado que a atividade possibilitou a reflexão sobre a prática pelos futuros professores, o que despertou a busca pela melhoria não só de postura em sala de aula, mas também de explanação de conteúdo e de estudos globais sobre as temáticas abordadas.

Assim como a turma A, a turma B avaliou as atividades desenvolvidas como interessantes para o desenvolvimento de conhecimentos globais e interdisciplinares, apontando que a escolha livre da temática para os minicursos possibilitou trabalhar de forma mais ampla conceitos que tangenciam também as questões da mudança do clima.

Diante da breve explicação sobre as dinâmicas envolvidas nas atividades, apresentam-se as categorias analisadas a partir dos instrumentos selecionados e descritos no Quadro 3. Considerando as unidades de análise por suas semelhanças e diferenças, seguindo a quarta etapa da análise do conteúdo, agrupou-se em categorias que emergiram dos dados, conforme apresentado no apêndice 6.

A primeira categoria colocada no quadro é *Entendimento da cronologia dos fatos científicos*. Por meio das atividades dos licenciandos, nota-se que eles entendem que a História da Ciência no Ensino é importante para compreensão de uma linearidade dos acontecimentos científicos. Uma das unidades de análise presentes que representa a categoria é: *conhecer o passado, entender o presente e melhorar o futuro*. Outra categoria associada à essa é: *contar dados e relatos da ciência*. Entende-se que os licenciandos apostam na utilização da HC no ensino evidenciando como os fatos foram se desenvolvendo, é o que se apresenta no extrato representativo *onde se mostra para os alunos como a ciência era e como está*.

Carrega-se nessas duas categorias apresentadas a concepção de que a ciência é construída de maneira contínua e só se valoriza do passado, os conhecimentos que importam para o presente, o que relaciona-se com outra categoria: *pensamentos evoluem, ciência evolui*. Um exemplo representativo da categoria é: *lá na pré-história; cerca de*

dois mil anos atrás. Depois, quando a gente foi evoluindo, chegou na revolução industrial, onde nós tínhamos máquinas e era necessário ter uma fonte de energia maior. Por essa fala do licenciando, parece que o entendimento do desenvolvimento científico se dá por caminhos contínuos, de forma simplista.

Em outros momentos, os licenciandos apresentam discursos que possibilitam a criação das categorias: *as questões políticas, econômicas e sociais influenciam a produção científica e ciência à serviço da sociedade.* Algumas unidades de análise que levaram a essa conclusão foram: *ciência está nas mãos dos políticos pois eles que financiam toda a pesquisa; como a ciência se mistura com a política e como ela se desenvolve.* Discursos como os apresentados, levam a entender que as análises feitas pelos estudantes apontam para o entendimento de uma ciência não neutra. As duas categorias apresentadas se relacionam com outra: *ciência dos poderosos e excludente.* Aqui, os alunos reforçam os jogos de poder que envolvem a produção científica, além de apontar para o estereótipo da ciência construída longe do acesso e entendimento da população em geral. Por exemplo: *interesse dos ricos e exclui-se o restante da população; a ciência é para aqueles que tem poder; ela é cara e acaba sendo restrita para alguns.*

Relacionando a problemática da população geral estar distante do fazer científico, a mídia acaba exercendo papel primordial para uma possível aproximação. Contudo, nem sempre os meios de comunicação social desempenham condutas imparciais, apresentando forte influência nas questões científicas. Conscientes disso, surge nos materiais desenvolvidos com os alunos a categoria *a mídia tem poder influenciador nas questões científicas.* Opiniões que aparecem expressas como: *não serem levados por opiniões adversas, que veem no cotidiano, principalmente na mídia; somos influenciados pelo monopólio midiático e acabamos por repetir esse discurso em nosso cotidiano; opinião essa que já é moldada pela própria mídia.*

Diante da reflexão sobre o papel da mídia em seu contexto social, os licenciandos questionaram a sua influência nos debates sobre temas científicos controversos, como é o caso do efeito estufa intensificado. Falas como *o efeito estufa é bom ou ruim?* ou *apresentar os dois lados da moeda e despertar a curiosidade deles* apontam para uma dualidade, de certo ou errado, de bom ou ruim questionando o próprio embate científico. Pontos como esses levaram a criação da categoria: *efeito estufa como tema controverso.*

Ainda diante dos embates científicos, foi possível notar a presença de argumentos de autoridade para justificativa de determinados pontos de vista. O posicionamento do licenciando ao se referir ao professor universitário infere no discurso de autoridade: *Aí o*

doutor vem falar que não. Isso não pode. Ele estudou e tem fatos que provam que isso não pode acontecer. O interessante desse contexto de fala é que o licenciando tentava apontar no seu minicurso para os alunos de ensino básico que por um doutor dizer que não há efeito estufa intensificado era um bom motivo para se acreditar, sem mostrar os argumentos e dados científicos que o levam a tais suposições. A partir desse exemplo, criou-se a categoria *argumentos de autoridade*.

No ponto levantado pelos argumentos de autoridade talvez fique evidente a escassez do entendimento da Natureza da Ciência e como se dão os debates entre os pares. Porém, ao questionar os licenciandos sobre as questões científicas eles se mostram abertos às discussões de sua natureza, como por exemplo: *a ciência não é uma atividade linear, individual e cumulativa; pesquisas se dedicavam mais a reafirmar determinados conceitos do que a se embrenhar em novos caminhos; aprender ciências é aprender sobre ciências; lembrar que a ciência não é exata, fechada em uma única descoberta; desenvolvimento de estudos em uma época onde os portugueses censuravam publicações que viessem a favorecer outra potência.* Posicionamentos como os apresentados, tanto em momentos de discussões como no planejamento de atividades, leva a possibilidade da criação de duas categorias: *compreender Natureza da Ciência* e *discussões sobre a Natureza da Ciência*.

Como colocado pelo licenciando anteriormente, aprender ciência é também aprender sobre ciência, reforçando a importância de se inserir a História da Ciência como motivadora. Por meio de unidades de análise relacionadas a essa temática, foi possível identificar e criar mais seis categorias, sendo elas: *pensamentos válidos para época; reprodução de experimentos históricos; professor responsável por despertar reflexões; investir na formação de professores; instrumento motivador; referência à fatos históricos.* Com essas categorias, fica evidente a preocupação dos futuros professores com sua prática em sala de aula. Afirmam que investir na formação inicial e continuada auxiliaria na melhora do ensinar ciências. Exemplos são: *ter uma disciplina exclusiva para tratar da história da ciência; de modo que teríamos base para tratar desses assuntos posteriormente em sala de aula; inserindo na grade curricular do curso, abordando os acontecimentos históricos de maneira interdisciplinar, ajudando assim os futuros profissionais para utilizarem esse tema nas disciplinas; quando tivermos professores empenhados a formarem alunos com senso crítico.*

Diante das falas dos licenciandos, nota-se a preocupação com a formação docente. Com o trabalho desenvolvido para a compreensão do pensamento complexo, os

estudantes montaram atividades em seus respectivos minicursos que buscaram despertar a criticidade em seus alunos. Algumas delas proporcionaram a criação das categorias: *discussões do contexto local para levar às reflexões globais; atividades que despertam reflexões; diferentes pontos de vista levam ao global; discussões que ajudam a desenvolver pensamento crítico; complexidade como forma de desenvolver pensamento crítico*. Como colocado nas unidades de análise no apêndice 6, os licenciandos se preocuparam em levar questionamentos locais para exemplificar os impactos globais. Foi o caso dos grupos g3 e g4, que trabalharam, respectivamente, com a temática dos metais e dos combustíveis. Os licenciandos abordaram a questão da contaminação local, na cidade de Bauru, para fazer um paralelo com as contaminações ocorridas em Minas Gerais, como o caso do rompimento da barragem de rejeitos de extração de minério de Mariana e seus impactos no Brasil e no mundo. Da mesma forma, o g4, ao tratar das alternativas dos combustíveis fósseis, exemplificaram a região de Bauru, Lençóis Paulista e Macatuba com o plantio de cana-de-açúcar e seus impactos ambientais e globais, além da comparação com demais tipos de gramíneas no mundo, como a produção de milho pelos Estados Unidos.

Com a intenção de levar conhecimento aos alunos de forma a valorizar o local para então apresentar o global, os licenciandos compreendem que o pensamento complexo pode ser uma forma de ligar informações já existentes e, portanto, possibilitar a categoria: *complexidade liga temas*. Com as atividades desenvolvidas ao longo dos semestres, foi possível notar que os licenciandos apresentaram posturas que levaram a criação de quatro categorias, como apresentado no apêndice 6: *não isolar problemas; partes presentes no todo e/ou o todo nas partes; crítica a hiperespecialização; entendimento causa-efeito*.

Dessa forma, cumprindo a quarta etapa da análise do conteúdo – organizar e descrever os dados – é possível perceber que existem aproximações das categorias que emergem dos dados dos licenciandos com os princípios do pensamento complexo e com o entendimento da Natureza da Ciência. O quinto e último passo na análise do conteúdo é a interpretação dos resultados a partir das categorias que, no caso da presente pesquisa, busca verificar se há ligações sobre os princípios da complexidade de Morin e as categorias de discussão da HC, que serão apresentadas a seguir.

Aproximações entre categorias

Somam-se vinte e sete categorias identificadas a partir dos dados levantados com os licenciandos que, de alguma maneira, podem estar relacionadas com as categorias da História da Ciência, da interface entre HC e ensino e até mesmo com os princípios da complexidade. O Quadro 12 é uma primeira tentativa de aproximação entre essas categorias. Vale ressaltar que algumas categorias da História da Ciência e/ou princípios da complexidade não foram relacionadas com as categorias identificadas nos dados dos licenciandos.

A escolha pela aproximação entre as categorias identificadas nos dados dos licenciandos com os princípios da complexidade e as categorias de discussão da HC se deu pela própria natureza das categorias das unidades de análise. Dessa forma, as categorias que se assemelham às categorias da HC foram elencadas na coluna “História da Ciência” e a mesma ideia de similaridade se aplicou para complexidade, gerando a coluna com nome “complexidade”, à direita no Quadro 12.

Novamente, uma forma esquemática em quadro foi proposta para facilitar a compreensão das possíveis relações, dividindo-se em subtópicos os princípios da teoria da complexidade propostos. Ao final das análises, um grafo é apresentado com as inter-relações e as inferências que levam à possível resposta da questão de pesquisa.

Quadro 12: Inter-relações possíveis entre categorias

Operadores da Complexidade	Princípios da Complexidade	História da Ciência e História da Ciência e Ensino	Categorias provenientes das atividades com os licenciandos	
			História da Ciência	Complexidade
Dialogico	Princípio dialógico	A ciência se baseia no que aconteceu antes	Entendimento da cronologia dos fatos científicos	-----
			Contar dados e relatos da ciência	
		Referência à fatos históricos		
		O passado ilumina a prática científica atual	-----	

(Continua)

(Continuação)

Operadores da Complexidade	Princípios da Complexidade	História da Ciência e História da Ciência e Ensino	Categorias provenientes das atividades com os licenciandos	
			História da Ciência	Complexidade
Dialogico	Princípio da reintrodução do conhecimento	Mudança na ciência ocorre gradualmente	Pensamentos evoluem, ciência evolui	Complexidade como forma de desenvolver pensamento crítico + Discussões que ajudam a desenvolver pensamento crítico + Atividades que despertam reflexões
		Mudança na ciência ocorre por meio de revoluções	-----	
		Pesquisa científica é ditada pelos paradigmas vigentes	Pensamentos válidos para época	
		A ciência tem estado no centro de muitas controvérsias	Efeito estufa como tema controverso	
		Novas ideias científicas foram frequentemente rejeitadas	-----	
		Facilitadora da transformação conceitual	-----	
		Compreensão profunda dos conceitos científicos	-----	
		Aproximação do aluno do fazer científico	Reprodução de experimentos históricos	
		Permite trabalhar concepções alternativas	-----	
		Motivador de aprendizagem	Instrumento motivador	
		Humanizar a ciência	-----	
		Torna as aulas mais desafiadoras e críticas	-----	
		Auxiliar professor nas dificuldades de aprendizagem do aluno	Professor responsável por despertar reflexões	

(Continua)

(Continuação)

Operadores da Complexidade	Princípios da Complexidade	História da Ciência e História da Ciência e Ensino	Categorias provenientes das atividades com os licenciandos	
			História da Ciência	Complexidade
Recursivo	Princípio do circuito recursivo	A tecnologia impactou a ciência	-----	Entendimento causa-efeito
		A ciência tem desempenhado um papel importante na tecnologia	-----	
		Pesquisa científica é ditada por interesses nacionais e/ou corporativos	Ciência dos poderosos e excludente	
	Princípio do circuito retroativo	Ideias científicas são afetadas por seu meio social e histórico	As questões políticas, econômicas e sociais influenciam a produção científica	-----
			A mídia tem poder influenciador nas questões científicas	
	Princípio da auto-organização	A ciência faz parte da tradição intelectual	Argumentos de autoridade	-----
A ciência é parte da tradição social			Ciência à serviço da sociedade	
A ciência é parte tradição cultural			-----	
Sistêmico	Princípio hologramático	A ciência tem implicações globais	Discussões do contexto local para levar às reflexões globais	Complexidade liga temas + Diferentes pontos de vista levam ao global + Crítica a Hiperespecialização
	Princípio sistêmico	Visão mais adequada de Natureza da Ciência	Compreender Natureza da Ciência Discussões sobre a Natureza da Ciência	Não isolar problemas + Partes presentes no todo e/ou o todo nas partes
		Promove nos professores maior compreensão dos debates contemporâneos	Investir na formação de professores	

Fonte: Autoria própria.

Princípio dialógico

Nesse princípio, conforme já apresentado, as categorias de discussão da HC em que se propõem relações são: *a ciência se baseia no que aconteceu antes; o passado ilumina a prática científica atual*. Ao estudar a primeira e compará-la com as categorias provenientes dos dados coletados dos licenciandos, foi possível estabelecer ligações com: *entendimento da cronologia dos fatos científicos; contar dados e relatos da ciência; referência à fatos históricos*. Nota-se que as categorias descritas se relacionam entre si, sugerindo que os licenciandos entendem que a ciência acontece de forma progressiva. Para eles, é válido inserir discussões sobre e com a História da Ciência no ensino, pois facilitam o entendimento da cronologia dos fatos científicos, ou seja, para os licenciandos, a HC é importante para contar fatos e dados da ciência.

O estabelecimento da concepção de construção linear da ciência pelos licenciandos também se justifica notando-se que a categoria de discussão proveniente da HC denominada *o passado ilumina a prática científica atual* não teve relações aparentes com categorias provenientes das unidades de análise. Portanto, aponta-se para uma possível concepção dos licenciandos de que os desenvolvimentos científicos do passado não influenciam nos debates da ciência atual.

Estudos que contemplam as análises de concepção de ciências de licenciandos apontam para uma visão restrita do desenvolvimento científico (HARRES, 1999). Logicamente, as pesquisas realizadas são em contextos específicos para a determinação da concepção e as metodologias são diferentes da utilizada no presente trabalho. Entretanto, é possível traçar paralelos comparando as ideias presente em alguns trabalhos como o de Gomes, Stranghetti e Ferreira (2015), uma vez que investigaram concepções de ciência e cientista de estudantes de licenciatura em química do primeiro e do último ano de uma universidade federal brasileira. Os autores observaram que em ambas as turmas há concepções ingênuas que revelam um caráter utilitário e linear de ciência, assim como nesse trabalho também apresenta este indicativo de uma concepção de ciência acumulativa e de crescimento linear.

O interessante é que diante desse ponto e lembrando que os licenciandos puderam em seus minicursos elaborarem atividades que contemplassem a HC, nota-se que a forma que muitos escolheram para a inserção da HC na sua prática foi contando ou se referindo apenas à dados históricos. Fica evidente, pois em suas atividades fazem *referência à fatos históricos*, que gerou a categoria de análise com o mesmo nome.

As exposições históricas feitas por eles em sala de aula não contemplaram de maneira ampla a HC, ou seja, se restringiram a relatar dados, sem contextualizar com as esferas sociais, políticas e, principalmente, científicas. Dessa forma, apesar de compreenderem que a HC é importante para organizar os pensamentos, os licenciandos limitaram-se a apresentar dados de cunho histórico, sem relações diretas com discussões que possibilitassem debates e entendimentos sobre a Natureza da Ciência.

Outro ponto notável estabelecido no Quadro 12 é a ausência de categorias complexas provenientes das atividades com os licenciandos relacionadas com o princípio dialógico do pensamento complexo. Isso é um indicativo de que não compreenderam a ideia de conceitos antagônicos e complementares do referido princípio. Reforça-se a essa ideia o fato de que os licenciandos não fizeram a conexão com a já discutida categoria *o passado ilumina a prática científica atual*.

Dessa forma, pode-se inferir que há realmente uma ligação entre as categorias de discussão provenientes da HC com o princípio dialógico do pensamento complexo proposta nessa tese no Quadro 11, uma vez que os licenciandos não estabelecendo completo entendimento das categorias de HC, não compreendem o princípio proposto para explicar o pensamento complexo de ideias antagônicas e complementares. Entretanto, o operador dialógico é composto também pelo princípio da reintrodução do conhecimento e que aparentemente há estabelecimento de ligações com o princípio complexo pelos licenciandos, conforme apresentado a seguir.

Princípio da reintrodução do conhecimento

A reforma do pensamento é um dos princípios fundamentais para a complexidade, pois é a partir da mudança de percepção de mundo que se pode compreender o todo e suas redes de interligações. Esse princípio tem o maior número de categorias relacionadas com a História da Ciência, podendo ser um bom indicativo de que a HC auxilia na reforma do pensamento proposto por Morin.

A primeira categoria referente às discussões provenientes da HC apresentada no Quadro 12 se refere a mudança gradual da ciência discutida dentro dos conjuntos de características da HC. Com todas as atividades realizadas pelos estudantes, pode-se notar que eles acreditam que os pensamentos evoluem e, por consequência, a ciência evolui. Porém, a forma como essa evolução se dá, é de maneira linear e contínua, reforçando a ideia tradicional da historiografia da HC, ou seja, em suas práticas, os licenciandos

apresentavam fatos e dados científicos de maneira a confirmar a ideia de que a ciência não tem entraves.

Em contrapartida, algumas categorias da HC não possibilitaram correspondentes categorias com os dados dos alunos, sendo elas: *mudança na ciência ocorre por meio de revoluções e novas ideias científicas foram frequentemente rejeitadas*. A ausência de categorias provenientes das atividades com os licenciandos que possam se relacionar as categorias citadas nas discussões presentes na HC reforça o indicativo de que os licenciandos apresentam uma concepção linear e progressiva do desenvolvimento científico, corroborando com algumas pesquisas sobre concepções científicas (HARRES, 1999).

Uma categoria que aparece nas atividades dos alunos é *pensamentos válidos para época* que se relaciona com *pesquisa científica é ditada pelos paradigmas vigentes*, nas discussões sobre HC. Isso porque o conhecimento científico é reconhecido pelos pares que estão inseridos em um contexto em que há uma mesma compreensão, um mesmo paradigma. Se há reformas no pensamento, há mudanças na postura dos cientistas e por isso, muitos pensamentos são válidos para a época, mas que hoje talvez não sejam relevantes. Esse olhar anacrônico sobre a HC pode justificar a criação das categorias. Assim, os licenciandos conseguem perceber que há importância das concepções do passado, muito embora não conectem a importância da compreensão do passado para a atualidade.

O debate sobre o efeito estufa intensificado, como já bem discutido, é centro de controvérsias científicas e, portanto, sendo um assunto de interesse da ciência, pode-se inferir que, por meio dele, os licenciandos se aproximaram da categoria *ciência tem estado no centro de muitas controvérsias*. Entretanto, apesar de compreenderem as controversas envolvidas na temática do efeito estufa intensificado, os licenciandos não relacionam as controversas científicas no cenário do desenvolvimento do pensar e do fazer ciência. Isso fica evidente ao observar os planejamentos e as práticas presentes nos minicursos em que não extrapolam as discussões controvérsias sobre mudanças do clima para os embates que ocorrem dentro da ciência e entre os cientistas. Confirma-se com o apresentado por Sales e Oliveira (2018) que relatam uma experiência em se trabalhar no nível básico com o tema controverso da evolução biológica. Os autores notaram dificuldades por parte dos alunos na compreensão total e holística do assunto trabalhado, mesmo utilizando-se de debates e apontando a controvérsia presente na temática.

Dessa forma, utilizar-se da HC no ensino parece ser uma possibilidade de aproximação entre o entendimento da ciência e a compreensão da magnitude de temas controversos. Buscando analisar a percepção dos licenciandos sobre a interface HC e o ensino, as categorias provenientes das unidades de análise que aparentam ligações com as categorias de discussão da HC são: *aproximação do aluno do fazer científico e reprodução de experimentos históricos; motivador de aprendizagem e instrumento motivador; auxiliar professor nas dificuldades de aprendizagem do aluno e professor responsável por despertar reflexões.*

Por meio das categorias de análises é possível notar que há preocupação dos licenciandos em inserir em sua formação propostas de História da Ciência como forma de mudança de pensamento. No entanto, as categorias revelam uma aproximação com uma concepção reduzida de ciência e sua natureza, que é um ponto concordante com o que afirma Leme (2008, p.132):

Mesmo considerando a HC como elemento importante na formação de professores, muitos licenciandos mostraram que a HC pode ser vista como mera justificativa para o ensino de ciência, uma vez que traz relatos de grandes avanços e melhorias na qualidade de vida decorrentes do desenvolvimento da ciência e da tecnologia. Outra visão apresentada pelos licenciandos, que já há muito foi superada nos meios acadêmicos, é de que a HC fornece informações “interessantes” sobre a origem das teorias científicas, e por isso enriqueceria os conhecimentos dos estudantes. É a visão da HC como um tipo de “curiosidade” que pode estimular o interesse pela ciência, este sim um conhecimento de “valor”.

O ponto levantado por Leme (2008) corroborou com as categorias provenientes das atividades com os licenciandos que não apresentaram relações diretas com as categorias de discussão da HC, ou seja, das que não apresentam inter-relações com as categorias: *transformação conceitual; compreensão profunda dos conceitos científicos; permite trabalhar concepções alternativas; humanizar a ciência; torna as aulas mais desafiadoras e críticas.*

Por meio da ausência de relação direta entre as categorias, pode-se inferir que a visão dos licenciandos é de concordância com uma reforma do pensamento, mas que para isso não engloba diretamente a compreensão das discussões sobre a ciência. Leme (2008) aponta para uma visão parecida constatada em sua pesquisa:

Outro enfoque apresentado pelos licenciandos coloca a HC como auxiliar na compreensão de como foram construídas as teorias científicas ao longo da história, podendo ser um modelo didático para o ensino de ciências. Entretanto, há que se evitar os riscos de se encadear o desenvolvimento histórico com finalidades didáticas, de um modo que se perca qualquer compromisso com a historicidade dos acontecimentos (LEME, 2008, p. 133).

Dessa forma, a interface entre HC e ensino é necessária, mas não deve se limitar o uso da HC apenas para fins didáticos de motivação e sim, de compreensão da própria ciência. Importante destacar que os licenciandos não apresentaram relação direta com a categoria *Torna as aulas mais desafiadoras e críticas* por meio da utilização da HC. Embora essa categoria também esteja relacionada com as categorias provenientes das atividades com os licenciandos que recebem o nome: *complexidade como forma de desenvolver pensamento crítico; discussões que ajudam a desenvolver pensamento crítico; atividades que despertam reflexões*.

Quando apresentadas as atividades direcionando o entendimento da necessidade de um novo pensamento – pensamento complexo – em sala de aula, os licenciandos se mostraram atentos e abertos às discussões como essas. A partir de debates sobre a teoria de Morin, os estudantes pareceram ter compreendido que a complexidade está associada com o desenvolvimento crítico escolar. Ter a formação crítica implica em uma mudança de percepção de mundo. Com isso, os licenciandos elaboraram em seus minicursos atividades que pudessem despertar debates e criticidade nos alunos, muito embora elas não se relacionem com discussões envolvendo a HC e, portanto, não se aproximam aquelas categorias à categoria *torna as aulas mais desafiadoras e críticas*.

Assim, entende-se que os licenciandos não apresentaram a completude do operador dialógico, o que ficou evidente por meio das ausências nas categorias correlatas nas discussões sobre HC e HC e ensino. Análise semelhante é feita ao verificar as aproximações existentes com o operador recursivo, que engloba os princípios do circuito recursivo, do circuito retroativo e da auto-organização, descritos a seguir.

Princípios do circuito recursivo, do circuito retroativo e da auto-organização

O operador recursivo do pensamento complexo engloba três princípios da complexidade: circuito recursivo, do circuito retroativo e da auto-organização. Ao analisar as atividades realizadas pelos licenciandos, percebe-se que eles trazem

entendimento de causa-efeito, embora seja muito insipiente se comparado ao entendimento proposto por Morin. Pode-se considerar uma aproximação válida entre a categoria descrita e o princípio do circuito recursivo.

No entanto, somente essa categoria aparece relacionada com os princípios da complexidade, indicando que esse operador do pensamento complexo pode ser o menos significativo para os licenciandos. Uma possível justificativa pode estar relacionada com as atividades e discussões desenvolvidas com os licenciandos que talvez não tenham possibilitado a percepção deles na compreensão dos princípios em questão. As relações causa e efeito podem ter sido pouco trabalhadas em sala de aula ao longo dos semestres, o que talvez justifique a quase ausência de categorias que se associem diretamente ao pensamento complexo.

Por outro lado, as discussões por meio da História da Ciência possibilitaram que os licenciandos percebessem que a ciência está a cargo dos poderosos e exclui a população da participação ativa, ficando à margem dos debates científicos (categoria *ciência dos poderosos e excludente* que se liga à categoria *pesquisa científica é ditada por interesses nacionais e/ou corporativos*). Essa percepção se relaciona com o entendimento de causa-efeito proposto na categoria do pensamento complexo, uma vez que há influência do meio corporativo na ciência tal qual ela influencia também os meios corporativos.

Essa característica da ciência está também relacionada com as influências políticas, econômicas e sociais no desenvolvimento científico (categoria *as questões políticas, econômicas e sociais influenciam a produção científica*). Ao se relacionar esses dois parâmetros, a mídia se destaca na divulgação científica, na tentativa de aproximação entre ciência e sociedade, sendo um ponto presente nas categorias encontradas nos dados: *a mídia tem poder influenciador nas questões científicas*. Ambas as categorias apresentadas no momento se referem à categoria presentes na HC chamada *ideias científicas são afetadas por seu meio histórico e social*.

Para finalizar a apresentação das categorias dos princípios do operador recursivo, expõe-se: *argumentos de autoridade e ciência à serviço da sociedade*. As duas categorias se relacionam com o princípio da auto-organização, uma vez que se referem às implicações do sistema dentro de um paradigma vigente com as respectivas categorias de discussão da HC: *a ciência faz parte da tradição intelectual* e *a ciência faz parte da tradição social*. Interessante notar que a categoria *argumentos de autoridade* foi identificada pela unidade de análise que aponta para o uso que os licenciandos fizeram de

argumentos de autoridade para justificar um ponto de vista. Dessa forma, em suas atividades, os licenciandos utilizaram-se do peso de um “*professor doutor da USP*” para sustentarem seus argumentos sem apontar para demais pesquisadores que pudessem contrapor suas pesquisas. Com isso, os licenciandos reforçam que a ciência é parte de uma tradição intelectual.

Ainda buscando entender as aproximações realizadas no Quadro 12 referentes ao operador recursivo, é importante destacar que algumas categorias de discussão presentes na HC e HC e ensino não tiveram ligações diretas com categorias provenientes das atividades com os licenciandos, sendo elas: *a tecnologia impactou a ciência; a ciência tem desempenhado um papel importante na tecnologia; a ciência faz parte da tradição cultural*. As duas primeiras categorias citadas anteriormente reafirmam o não entendimento dos licenciandos de causa e efeito proposto pelo princípio do circuito recursivo. Vale ressaltar que podem ter ocorrido lacunas nas discussões sobre a compreensão pública sobre CTS e sua importância no ensino, uma vez que os licenciandos não apresentaram indícios que se relacionassem com as categorias sobre os impactos da tecnologia na ciência e vice-versa.

Há um indicativo de que o operador recursivo não tenha sido bem desenvolvido com os licenciandos ou que a forma como compreendem tal operador do pensamento complexo não condiz com as aproximações feitas com as discussões presentes na HC. Por outro lado, a compreensão do operador sistêmico pelos licenciandos parece ser o mais presente em termos de categorias correlatas.

Princípio hologramático e princípio sistêmico

O último operador do pensamento complexo aqui apresentado remete aos princípios hologramático e sistêmico. Com as atividades desenvolvidas com os licenciandos, identificou-se as categorias que podem ter relações com o primeiro: *complexidade liga temas; diferentes pontos de vista levam ao global; crítica a hiperespecialização*. Os licenciandos apresentaram atividades e reflexões que apontam para uma preocupação com relação de saberes em um movimento amplo e global. Isso leva a perceber a conexão com a categoria *discussões do contexto local para levar a reflexões globais* que está diretamente relacionada com *a ciência tem implicações globais*.

Todas as conexões estabelecidas apontam para conclusões de que os licenciandos conseguem estabelecer melhores compreensões quando se trata de desenvolvimento de pensamentos críticos e interdisciplinares. De acordo com Pombo (2005), a interdisciplinaridade está ligada com a integração dos saberes e, como pontua Benedicto (2018), as discussões no Brasil chegaram de forma distorcida da concepção integrativa com a qual foi proposta, desencadeando modismos sem reflexões. Atualmente, o campo de pesquisa da prática interdisciplinar ganhou espaço e remete à ideia integradora e complexa, com pesquisas conceituadas na área (FAZENDA, 2012) e que vem crescendo nas últimas décadas (GENTILE, 2018). Talvez por esse motivo, os licenciandos tenham mais contato com a prática e associem melhor as ideias integradoras da prática interdisciplinar, o que possibilitou identificar categorias que se relacionam com o pensamento complexo.

Outras categorias provenientes das atividades com os licenciandos que se aproximam dos princípios complexos de Morin são: *não isolar problemas; partes presentes no todo e/ou o todo nas partes*. Da mesma maneira que discutido anteriormente, a questão da familiaridade com práticas interdisciplinares possibilitou que os licenciandos desenvolvessem atividades e reflexões próximas ao pensamento complexo do entendimento total do conhecimento.

De maneira similar, as categorias que foram identificadas a partir dos dados dos licenciandos se aproximam das categorias propostas pela HC para os dois princípios do operador sistêmico. Analisando o princípio sistêmico, as categorias que se aproximam são: *compreender Natureza da Ciência; discussões sobre Natureza da Ciência; investir na formação de professores*.

Esse conjunto de aproximações reforça a importância de se utilizar a HC no ensino como um ponto de compreensão para o próprio funcionamento da ciência, corroborando com as ideias de diversos autores (GAGLIARDI; GIORDAN, 1986; MARQUES; CALUZI, 2005; EL-HANI, 2006; MARTINS, 2006; PORTO, 2011; BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2014; DENARI; CAVALHEIRO, 2016). Ademais, nota-se que os próprios licenciandos reconhecem que é necessário investir na formação de professores no que diz respeito aos conceitos, aplicações e utilização da História da Ciência. Fato curioso que já foi mencionado, mas que merece destaque, é que os licenciandos em questão, no momento da pesquisa, já tinham realizado disciplinas que trabalhavam conteúdos da história da química. Isso pode ser um indicativo para produzir uma proposta de se

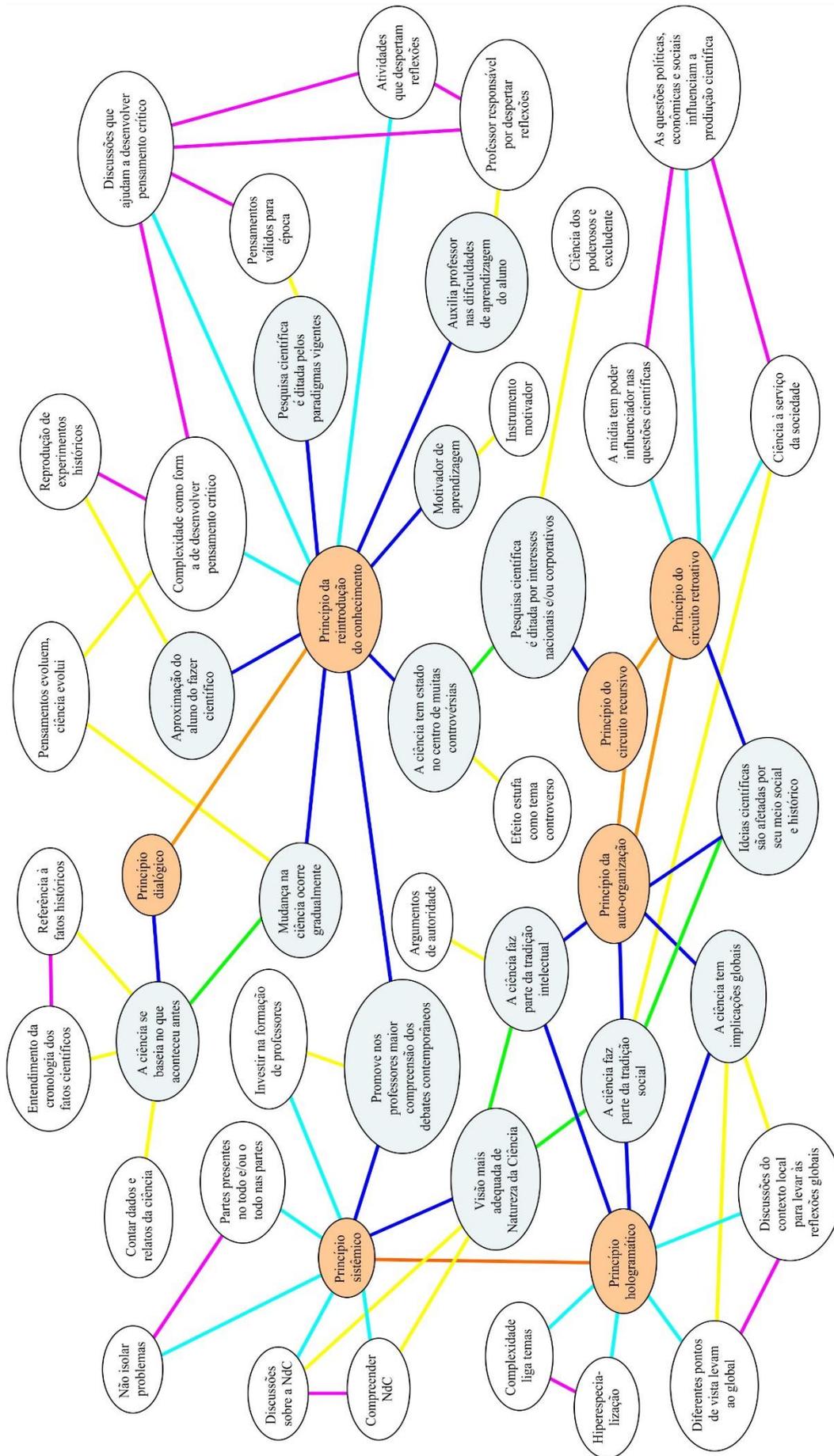
investigar como os professores universitários estão abordando temáticas como a HC em cursos de formação de professores.

Como já mencionado, as relações aqui discutidas são aproximações apresentadas de forma direta para facilitar a compreensão do leitor e possibilitar melhor discussão ponto a ponto de cada princípio do pensamento complexo e categorias da HC. Mas as conexões entre as categorias provenientes dos dados coletados com os licenciandos, da HC com sua interface no ensino e dos princípios complexos não são lineares e pontuais. Muito pelo contrário, as relações apresentam-se conectadas entre nós e arestas, formando um grafo, bem como apresentado anteriormente na Figura 9.

A Figura 11 é uma tentativa de esboço das prováveis relações em rede e das categorias e princípios. Os nós de cor laranja são representações dos princípios da complexidade, enquanto os nós em azul se referem às categorias de HC e HC e interface com o ensino. Os nós brancos são as novas categorias, que se referem aos dados coletados com os licenciandos. As arestas também estão apresentadas com diferentes colorações para melhor percepção das relações existentes em cada nó: em laranja, ligação entre princípios; em verde, ligação entre categorias de discussão da HC; em azul, ligação entre princípios da complexidade e categorias de discussão de HC; em rosa ligação entre as categorias provenientes dos dados dos licenciandos; em azul claro, ligação entre princípios complexos e categorias provenientes dos dados dos licenciandos; em amarelo, ligação entre categorias de discussão da HC e categorias provenientes dos dados dos licenciandos.

Com a representação em grafo, ficam mais evidente as relações e inter-relações entre princípios e categorias, ressaltando que as conexões entre as categorias provenientes das atividades com os licenciandos são mais próximas do operador sistêmico (princípio hologramático e princípio sistêmico). Dessa forma, é possível perceber que com o trabalho desenvolvido com os licenciandos foi possível identificar aproximações com o pensamento complexo e com categorias da HC e que se utilizando dos estudos da HC também é possível se aproximar do pensamento complexo.

Figura 11: Relações prováveis entre as categorias e os princípios



Legenda: Nós: laranja: princípios da complexidade de Edgar Morin. Azul: categorias das discussões da HC. Branco: categorias provenientes dos dados dos licenciandos. Arestas: ligação entre princípios; ligação entre categorias de discussão da HC; ligação entre princípios complexos e categorias de discussão de HC; ligação entre categorias provenientes dos dados dos licenciandos; ligação entre princípios complexos e categorias provenientes dos dados dos licenciandos; ligação entre categorias de discussão da HC e categorias provenientes dos dados dos licenciandos.

Fonte: Autoria própria.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do cenário atual de discussão sobre as questões ambientais, faz-se necessária uma nova percepção de mundo para o real entendimento das problemáticas envolvendo o meio ambiente. Na presente tese, utilizou-se como referencial os trabalhos do autor francês Edgar Morin que defende que frente a nova era planetária se faz imprescindível uma nova forma de pensar. Para o autor, o pensamento em redes, chamado por ele de pensamento complexo, é o caminho para romper com a fragmentação do conhecimento. Morin afirma que é importante investir na educação para que haja a transformação defendida por ele.

Existem pesquisas e trabalhos de reflexões que versam na interface entre o pensamento complexo e o ensino de ciência, tendo relevância no que se refere aos debates ambientais sobre mudanças no clima. Uma suposição é que utilizar a História da Ciência (HC) pode aproximar os professores e estudantes do desenvolvimento do pensamento complexo. Partindo-se dessa premissa, constatou-se que quase não há trabalhos e pesquisas que estudam de que maneira a HC poderia auxiliar no desenvolvimento do pensamento complexo. Dessa forma, a presente tese apresenta uma contribuição inédita ao desenvolver estudos de aproximação entre os princípios da complexidade e as características da História da Ciência, principalmente do seu uso no ensino.

A pesquisa realizada contou com duas etapas concomitantes: os estudos teóricos e as atividades com os licenciandos. A primeira foi importante para discutir e estabelecer conexões entre os princípios do pensamento complexo de Morin e as categorias de discussão da História da Ciência e sua interface com ensino, além de também ser necessária para o desenvolvimento da segunda etapa. As atividades com os licenciandos mostrou-se necessária para entender de que forma as aproximações elaboradas entre os princípios do pensamento complexo e as discussões advindas da HC poderiam estar presentes na formação de professores.

Duas turmas de estágio supervisionado do curso de licenciatura em química de uma universidade pública estadual foram acompanhadas por dois semestres. Durante o período, desenvolveram-se atividades que contemplaram as temáticas da complexidade e da HC por meio de discussões sobre o efeito estufa intensificado. A escolha do tema se deu por se tratar de uma temática recorrente na sociedade e muito discutida nas últimas décadas. Além disso, os debates sobre efeito estufa intensificado e suas implicações nas mudanças no clima necessitam de uma percepção mais profunda sobre todas as esferas

que o contemplam, sendo, portanto, um tema complexo por si só, motivo que impulsionou as discussões em sala de aula.

Além de ser um tema complexo, o efeito estufa intensificado mostrou-se também um tema de controvérsias científicas. Ao se estudar como a mídia divulga o conhecimento científico para a população de forma geral, notou-se que há incertezas e controvérsias no cenário nacional e mundial. Buscando-se compreender como as notícias abordam a temática em uma revista de divulgação nacional, analisou-se reportagens da *Revista Ciência Hoje*. No período entre 2005 a 2014, somente quatro dessas reportagens apresentaram discussões que vão ao encontro do desenvolvimento do pensamento complexo, reforçando o quanto ainda é necessário se investir na divulgação científica para produzir reforma do pensamento fragmentado.

Debates sobre a influência da mídia, sua relação com a ciência e as incertezas e controvérsias no fazer científico estimularam as discussões com os licenciandos. Entretanto, nem todos os licenciandos participaram ativamente das atividades propostas, o que levou a selecionar aqueles que participaram da maior parte delas para participarem na presente pesquisa. A não participação de alguns licenciandos pode estar ligada ao fato de não reconhecerem ou não compreenderem a importância da HC em sua formação, ou que o pensamento complexo pode aproximá-los de maiores compreensões na esfera educacional. Esse já pode ser um primeiro indicativo do quanto os futuros professores estão distantes de formações em HC e debates na complexidade.

Além disso, a pesquisa investigou licenciandos em seu último ano de formação, nas disciplinas de estágio. Entretanto, se é notável a carência na formação em HC pelos futuros professores, seria recomendável que trabalhos e discussões no contexto da História da Ciência pudessem ser realizados desde os primeiros anos de formação. Isso poderia proporcionar maior aproximação não só de conceitos, mas também de entendimentos mais amplos sobre a natureza da ciência.

Outro ponto interessante de se observar é o resgate histórico de pesquisadores brasileiros para compreensão da temática do efeito estufa intensificado. Os estudos de José Pinto de Azeredo contribuíram para apontar os primeiros indícios de que ações humanas intensificadas podem mudar a qualidade do ar. A preocupação do pesquisador na época não se voltava aos estudos unicamente atmosféricos, mas também ao entendimento das consequências da poluição para a saúde humana.

Trabalhos como o de José Pinto de Azeredo, Jean-Baptiste Joseph Fourier e Svante August Arrhenius podem ser úteis nas discussões da historização do conceito de

efeito estufa intensificado. Possibilitar aproximações de conteúdos de textos de autores como esses e os licenciandos pode ser uma alternativa para trabalhar a HC, reforçando sua importância no ensino, seja de nível superior ou de nível básico.

Focando nas considerações das contribuições da tese no âmbito de aproximação entre pensamento complexo e categorias de discussões da HC, nota-se que foi possível traçar paralelos entre as duas esferas do conhecimento. Os sete princípios da complexidade de Morin (*princípio sistêmico ou organizacional, princípio hologramático, princípio do circuito retroativo, princípio do circuito recursivo, princípio da autonomia/dependência (auto-organização), princípio dialógico, princípio da reintrodução do conhecimento em todo conhecimento*) apontam para uma reforma do pensamento que condizem com as categorias estabelecidas pela presente pesquisa para as discussões da História da Ciência. Nota-se que discutir a HC no contexto educacional pode ser uma boa opção para desenvolvimento de pensamento crítico e sistêmico.

Com o intuito de analisar se as relações elaboradas estariam presentes nas atividades com os licenciandos, utilizou-se a análise do conteúdo para gerar categorias provenientes das atividades desenvolvidas no curso de formação. Por meio das categorias identificadas foi possível aproximá-las por semelhança e diferença das relações já propostas anteriormente.

Percebe-se que o princípio dialógico não teve categorias provenientes das atividades dos licenciandos relacionadas diretamente. Isso implica que, embora os licenciandos compreendam e busquem propostas focadas na reforma do pensamento, com atividades que geram reflexões, ainda assim, não fazem conexões entre conceitos antagônicos e complementares. Isso se confirma pela também ausência de categorias correlatas com *o passado ilumina as práticas científica atuais*. Pode-se inferir que para os licenciandos a ciência é construída linearmente sem grandes importâncias do que se desenvolveu no passado. Assim, a ideia antagônica e complementar de passado e presente do desenvolvimento científico não ficou evidente para os licenciandos, a ponto de identifica-las nas categorias. Além disso, pode-se inferir que os licenciandos estão mais próximos de buscar mudanças práticas de ensinar (com atividades reflexivas) do que realmente mudanças de pensamento e de entendimento dialógico entre conceitos.

O operador recursivo, constituído dos princípios do circuito retroativo, circuito recursivo e autonomia/dependência (auto-organização), não pareceu estabelecer relações diretas com as categorias provenientes das atividades com os licenciandos. Isso pode ser um indicativo de que é muito difícil trabalhar dentro dessa perspectiva do pensamento

complexo, uma vez que há um distanciamento dos licenciandos em suas práticas de entendimento causa e efeito.

Em contrapartida, o operador sistêmico foi o que mais apontou aproximações das categorias com os licenciandos, tanto na HC quanto no próprio entendimento dos princípios da complexidade. Uma justificativa possível é compreender que os estudos da interdisciplinaridade estão presentes na formação dos licenciandos desde os primeiros anos de curso, o que facilita a integração sistêmica dos conteúdos e gera uma maior compreensão por parte dos licenciandos.

Trabalhar com a História da Ciência pode ser um caminho para desenvolver reais mudanças do pensamento fragmentado em professores em formação. Além disso, investir no operador sistêmico é mais próximo da realidade de formação enquanto que o operador recursivo do pensamento complexo aparenta ser o mais desafiador.

Dessa forma, foi possível verificar que existem aproximações entre as categorias de discussão da HC e os princípios da complexidade, e quanto mais os licenciandos compreendem a HC e aplicam em sua prática, mais próximo estão do desenvolvimento do pensamento complexo. Embora a HC apresente-se como um caminho possível para mudanças de percepção no ensino para atingir mudanças de pensamento significativas para o contexto global, a tese aponta para uma urgência em se trabalhar tais assuntos na formação docente focando na contribuição do ensino para a desfragmentação do pensamento.

REFERÊNCIAS

- ABRAMOVAY, R (org). **Biocombustíveis: a energia da controvérsia**. São Paulo: Senac. 2009. 180 p.
- ALENCAR, M. S. **A Análise de Fourier e o Aquecimento Global**. [s.d]. Disponível em: http://www.difusaocientifica.com.br/artigos/Aquecimento_Global_Fourier.pdf. Acesso em: 19 set. 2016.
- ALFONSO-GOLDFARB, A. M. **O que é História da Ciência?** São Paulo: Brasiliense, 2004 (coleção primeiros passos, 286).
- ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; FERRAZ, M. H. M.; BELTRAN, M. H. R.; PORTO, P. A. **Percursos de História da Química**. São Paulo: Livraria da Física (Série temas em História da Ciência). 2016.
- ANDERSON; T. R; HAWKINS, E.; JONES, P. D. CO₂, the greenhouse effect and global warming: from the pioneering work of Arrhenius and Callendar to today's Earth System Models. **Endeavour**, v. 40, n.3, p. 178-187. 2016.
- ANDI. **Mudanças climáticas na imprensa brasileira: uma análise comparativa de 50 jornais nos períodos de julho de 2005 a junho de 2007- julho de 2007 a dezembro de 2008**. Agência de Notícias dos Direitos da Infância (ANDI). Coordenado por Veet Vivarta. Brasília, DF: ANDI, p. 68. 2010.
- ANDRADE, C. S. P. A complexidade da natureza e a natureza complexa dos problemas ambientais contemporâneos: pontos para reflexão. **Revista de Geografia**, v. 24, n. 1, p. 35-46. 2007.
- ARRHENIUS, S. A. On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground. **Philosophical Magazine and Journal of Science**, v. 41, n. 251, p. 237-276. 1896.
- ARTAXO, P. A Amazônia e as mudanças globais. **Ciência Hoje**, n. 224, v. 38, p. 20-25. 2006.
- ARTAXO, P. Mudanças climáticas: mil anos de duração? **Ciência Hoje**. n. 257, v. 43, p. 10-11. 2009.
- AUGUSTO, T. G. S; CALDEIRA, A. M. A. A interdisciplinaridade na educação em ciências: professores de ensino médio em formação e em exercício. In: ARAUJO, E. S. N. N.; CALUZI, J. J.; CALDEIRA, A. M. A. **Práticas Integradas para o Ensino de Biologia**. São Paulo: Escrituras Editora, 2008. pp. 37-72.
- 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.

AZEREDO, J. P. Exame químico da atmosfera do Rio de Janeiro. **Jornal encyclopédico de Lisboa**.1790.

BAIRD, C. O efeito estufa e o aquecimento global. In: BAIRD, C. **Química Ambiental**. Porto Alegre: Bookman. 2ª Edição. pp.194-243. 2002.

BARCELLOS, C.; MONTEIRO, A. M. V.; CORVALÁN, C.; GURGEL, H. C.; CARVALHO, M. S.; ARTAXO, P.; HACON, S.; RAGONI, V. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. **Epidemiologia, Serviços e Saúde, Brasília**, v. 18, n. 3, p. 285-304, jul-set, 2009.

BAZZO, W. A.; (ed.), PALACIOS, E. M. C.; GALBARTE, J. C. G.; LINSINGEN, I. V. (ed.); CERESO, A. L.; LUJÁN, J. L.; GORDILLO, M. M.; OSORIO, C.; PEREIRA, L. T. V. (ed.); VALDÉS, C. **Introdução aos Estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)**. [s.l.]: Organização dos Estados Ibero-americanos para a Educação, a Ciência e a Cultura (OEI). p. 172, 2003.

BELTRAN, M. H. R.; SAITO, F.; TRINDADE, L. S. P. **História da Ciência para formação de Professores**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014, p. 128.

BENCHIMOL, J. L. (coord.) **Febre amarela: a doença e a vacina, uma história inacabada** [online]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2001. 470 p. Disponível em: <http://books.scielo.org/id/4nktq/pdf/benchimol-9788575413951.pdf>. Acesso em: jan. 2019.

BENEDICTO, E. C. P. **Ciência e Arte: entre conceitos, relações e implicações educacionais**. 231 f. 2018. Tese (Doutorado em Educação para Ciência). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru. 2018.

BERLINCK, C. N.; LIMA, L. H. A.; GONÇALVES, C. N. O parque nacional da Chapada Diamantina e a emissão de gases de efeito estufa. **Ciência Hoje**, n. 276, v. 46, p. 28-33. 2010.

BIGLIARDI, R. V.; CRUZ, R. G. O papel da educação ambiental frente à crise civilizatória atual. **Ambiente & Educação**, v. 12, n. 1, p. 127-141. 2007.

BNDIGITAL. **Biblioteca Nacional Digital**. Plataforma online disponível em: <http://bndigital.bn.gov.br/>. Acesso em: 26 ago. 2018a.

BNDIGITAL. **Biblioteca Nacional Digital**. Acervo Digital. Disponível em: http://objdigital.bn.br/acervo_digital/div_cartografia/cart326112/cart326112.jpg. Acesso em: 27 ago. 2018b.

BOYKOFF, M. T.; RAJAN, R. Signals and noise: Mass-media coverage of climate change in the USA and the UK. **European Molecular Biology Organization**, v. 8, n. 3, p. 207-211, 2007.

BOYKOFF, M. T.; ROBERTS, J. T. Media Coverage of Climate Change: Current Trends, Strengths, Weaknesses. **Human Development**. Report 2007/2008. Fighting climate change: Human solidarity in a divided world. 2007.

BRASIL. Lei que dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. **Lei nº 9.795** de 27 de abril de 1999. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm. Acesso em: 07 jan. 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. Ciência da Natureza e Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Plano Setorial da Saúde para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima**. Brasília, junho de 2013. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80076/Saude.pdf>. Acesso em: 23 Abr. 2019.

BRASIL. Ministério da ciência, tecnologia, inovações e comunicações. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. Secretaria de políticas e programas de pesquisa e desenvolvimento. Coordenação-geral do clima. 4ª Edição. 2017. Disponível em: http://sirene.mcti.gov.br/documents/1686653/1706227/4ed_ESTIMATIVAS_ANUAIS_WEB.pdf/a4376a93-c80e-4d9f-9ad2-1033649f9f93. Acesso em: 14 jan. 2019.

CACHAPUZ, A. (org.) **A necessária renovação do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 2005, p.37-70.

CAPRA, F. **O Ponto de Mutação**: A ciência, a sociedade e a cultura emergente. São Paulo: Cultrix, Edição: 1ª, 25ª Reimpressão. 1986.

CALDEIRA, A. M. A.; LABARCE, E. C.; ROSELLA, M. L. A.; CALUZI, J. J. O processo de ensino e aprendizagem do conceito de energia: interdisciplinaridade e contextualização. In: ARAUJO, E. S. N. N.; CALUZI, J. J.; CALDEIRA, A. M. A. **Práticas Integradas para o Ensino de Biologia**. São Paulo: Escrituras Editora, 2008. pp. 97- 122.

CALUZI, J. J.; ROSELLA, M. L. A. Edgar Morin: a complexidade subsidiando o ensino de ciências. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 4, 2003. **Anais...** Bauru, novembro de 2003. p. 1-10.

CARNEIRO, C. D. R. O efeito estufa poderia aquecer a crosta terrestre a ponto de aumentar a incidência de vulcões e terremotos? **Ciência Hoje**. n. 221, v. 37, p. 6-7. 2005.

CARNEIRO, M. C; CALUZI, J. J.; ROTHBERG, D. (org.) **História e filosofia das ciências e o ensino de ciências II**. São Paulo: Cultura acadêmica, 2014.

CARVALHO, F. R.; WATANABE, G. Identificando os elementos da complexidade nas produções acadêmicas sobre educação ambiental. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, XI, 2017. **Anais...** Florianópolis. 20 anos de ABRAPEC: Memórias de conquistas e movimentos de resistência. Florianópolis/SC, 2017.

CARVALHO, F. R.; WATANABE, G.; RODRIGUEZ-MARÍN, F. Construção do conhecimento escolar científico na perspectiva da complexidade. **Enseñanza de las Ciencias**, v. extra, p. 3237-3242, 2017.

CARVALHO, L. M. O discurso ambientalista e a educação ambiental: relações com o ensino das ciências da natureza. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, VI, 2007. **Anais...** Florianópolis. p. 1-13.

CASAGRANDE, A.; SILVA JUNIOR, P.; MENDONÇA, F. Mudanças climáticas e aquecimento global: controvérsias, incertezas e a divulgação científica. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 7, v. 8, p. 30-44. 2011.

CASTILHO, A. L. A serpente fora do ovo: a frente do agronegócio e o supremacismo ruralista. **Revista OKARA: Geografia em debate**, v.12, n.2, p. 699-707, 2018.

CESIMA. **Centro Simão Mathias de Estudos em História da Ciência**. Site de divulgação. Disponível em: <http://www.pucsp.br/pos/cesima/index.html>. Acesso em: 21 fev. 2018.

CH. CIÊNCIA HOJE. Aquecimento, de fato, afeta o Planeta. **Ciência Hoje**. n. 249, v. 42, p. 18. 2008.

CH. CIÊNCIA HOJE. Gás carbônico animado. **Ciência Hoje**. n. 284, v. 48, p.70. 2011.

CH. CIÊNCIA HOJE. Terra: uma história climática. **Ciência Hoje**. n. 306, v. 51, p. 43. 2013a

CH. CIÊNCIA HOJE. Carbono carioca. **Ciência Hoje**. n. 307, v. 51, p. 47. 2013b.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?**, Trad. Raul Fiker. São Paulo: Brasiliense, 1993, p. 124

CIÊNCIA HOJE. **Instruções para autores**. 2015. Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/instrucoes-para-autores>. Acesso em: 27 ago. 2015.

COIN. **Climate change scepticism and the media**. Outubro de 2013. Disponível em: <http://climateoutreach.org/resources/climate-change-scepticism-and-the-media/>. Acesso em: 12 dez. 2015.

COLEÇÃO grandes pensadores: Edgar Morin. Direção: Edgard de Assis Carvalho, Produção: Atta Mídia e Educação (Brasil): PAULUS Editora, 2006. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=3QToNL5UoVw>. Acesso em: 10 out. 2016.

CONTI, J. B. Considerações sobre as mudanças climáticas globais. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 16, p. 70-75. 2005.

COSTA, F. A. P. L. A curva de Keeling. **Ciência Hoje**. n. 219, v. 37, p. 72-73. 2005.

CRULS, G. **Aparência do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Livraria José Olympio Editora. Coleção documentos Brasileiros, v. 1. 1949.

DAYRELL, C.; URRY, J. Mediating climate politics: The surprising case of Brazil. **European Journal of Social Theory**, v. 18, n. 3, p. 257–273, 2015.

- DENARI, G. B.; CAVALHEIRO, E. T. G. **Contribuições ao ensino da Análise Térmica: desenvolvimento histórico e experimentos**. São Carlos: RiMa Editora, 2016.
- DESCARTES, R. **Discurso do Método; Meditações; Objeções e Respostas; As Paixões da Alma; Cartas**. 3ª ed. São Paulo: Abril Cultural. Coleção os pensadores, 1983.
- DESCARTES, R. **Regras para a direção do espírito**. Lisboa: Edições 70, 1998.
- DUARTE, J. R. A. **Praça Mauá**. In: DUARTE, J. R. A. Rio de Janeiro Aqui. 2008. Disponível em: <http://www.riodejaneiroaqui.com/portugues/praca-maua.html>. Acesso em: 14 ago. 2018.
- EL-HANI, C. N. Notas sobre o ensino de história e filosofia na educação científica de nível superior. In: SILVA, C. C. (org.). **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para a aplicação no ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2006. p 3-22.
- ESTRADA, A. A. Os fundamentos da teoria da complexidade em Edgar Morin. **Akrópolis Umuarama**, v. 17, n. 2, p. 85-90. 2009.
- FARIAS, I. D. **Simulador do efeito estufa**. [s.d]. Disponível em: http://www.ciencia.iao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=lc&cod=_geocienciassimuladordoef. Acesso em: abr. 2016.
- FAZENDA, I. C. A. **Interdisciplinaridade: História, teoria e pesquisa**. Campinas: Papyrus, 143 p. 2012.
- FERNANDES-SILVA, C. M. L. F.; COSTA, F. A.; BORBA, G. L. A educação em mudanças climáticas: uma abordagem interdisciplinar. **Holos**, Ano 32, v. 4, p. 176-188, 2016.
- FERRAZ, M. Nem sempre onde há fumaça... **Ciência Hoje**. n. 237, v. 40, p. 44-45. 2007a.
- FERRAZ, M. O mundo em nossas mãos. **Ciência Hoje**, n. 238, v. 40, p. 46-49. 2007b.
- FEYERABEND, P. **Contra o método**. Rio de Janeiro: Livraria Francisco Alves editora. 1977.
- FIGUEIREDO, M. A. G.; ALVES, E. D. L.; VECCHIA, F. A. A história do CO₂ nos processos de mudanças climáticas globais. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, v. 3, n. 2, p. 408-418. 2012.
- FILGUEIRAS, C. A. L. **Origens da Química no Brasil**. Campinas: Editora da Unicamp. 2015.
- FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 405 p. 2009.

- FLECK, L. **Gênese e desenvolvimento de um fato científico**. Belo Horizonte: Fabrefactum, p. 205., 2010.
- FOURIER, J. J. Mémoire sur les Températures du globe terrestre et des espaces planétaires. **Mémoires de l'Académie Royale des Sciences**, v. 7, p. 569 – 604. 1827.
- FURNIVAL, A. C. M.; PINHEIRO, S. M. A percepção pública da informação sobre os potenciais riscos dos transgênicos na cadeia alimentar. **História, ciências, saúde - Manguinhos**, v. 15, n. 2, p. 277-291, 2008.
- FURTADO, M. T. Modelo adiabático da atmosfera terrestre compatível com o aquecimento global e o efeito estufa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 3, p. 3310-3323. 2012.
- GAGLIARDI, R.; GIORDAN, A. La historia de las ciencias: una herramienta para la enseñanza. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 4, n. 3, p. 253- 258, 1986.
- GATTI, S. R. T.; NARDI, R. **A História e a Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências**: a pesquisa e suas contribuições para a prática pedagógica em sala de aula. São Paulo: Escrituras, 2016. p. 236.
- GAVROLU, K. **O passado das ciências como história**. Porto: Porto Editora, 2007, 304 p.
- GENTILE, F. R. **O estado da arte da interdisciplinaridade: o constructo epistemológico de Ivani Fazenda na Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (1985-2015)**. Tese (Doutorado em Educação: currículo). 196 f. 2018. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2018.
- GHCEN. **Grupo de História da Ciência e Ensino**. Site de divulgação. Disponível em: <https://ghcenupeb.wixsite.com/ghcen>. Acesso em: 15 jan. 2019.
- GHQ. **Grupo de Pesquisa em História da Ciência e Ensino de Química**. Site de divulgação. Disponível em: <http://www.iq.usp.br/palporto/>. Acesso em: 21 fev. 2018.
- GHTC. **Grupo de História, Teoria e Ensino de Ciências**. Site de divulgação. Disponível em: <http://www.ghc.usp.br/>. Acesso em: 21 fev. 2018.
- GIL-PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.
- GOMES, C. J. C.; STRANGHETTI, N. P.; FERREIRA, L. H. Concepções de Ciência e Cientista entre Licenciandos em Química: uma comparação entre alunos do primeiro e do último ano. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, X. **Anais...** ENPEC. Águas de Lindóia, SP. 2015.
- GUARIEIRO, L. L. N.; TORRES, E. A.; ANDRADE, J. B. Energia Verde. **Ciência Hoje**. n. 285, v. 48, p. 36-41. 2011.

GUIMARÃES, M. Educação Ambiental Crítica. In: LAYRARGUES, P. P. (coord.) **Identidades da educação ambiental brasileira**. Ministério do Meio Ambiente. Diretoria de Educação Ambiental. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. p.25 – 34.

GUIMARÃES, R. S. Visão sistêmica do meio ambiente no pensamento de Edgar Morin. **Vida de Ensino**, v. 02 n. 03, p. 17-21, mar/set. 2010.

GUIVANT, J. S. Transgênicos e percepção pública da ciência no Brasil. **Ambiente & Sociedade**, v. 9, n. 1, p. 81-103, 2006.

HALMENSCHLAGER, K. R. Abordagem temática no ensino de ciências: algumas possibilidades. **Vivências**, v.7, n.13: p.10-21. 2011.

HARRES, J. B. S. Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a natureza da ciência e suas implicações para o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 3, pp. 197-211. 1999.

HCENSINO. **História da Ciência e Ensino**: construindo interfaces. Site de divulgação. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/hcensino>. Acesso em: 21 fev. 2018.

HENRIQUE, A. B. **Discutindo a Natureza da Ciência a partir de episódios da História da Cosmologia**. 2011. 261 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2001.

IZLB. Instituto Zero Lixo Brasil. **Conceito**. 2018. Disponível em: <http://ilzb.org/conceito-lixo-zero/>. Acesso em: 30 ago. 2018.

JACOBI P. R.; GUERRA, A. F. S.; SULAIMAN, S. N.; NEPOMUCENO, T. Mudanças climáticas globais: a resposta da educação. **Revista Brasileira de Educação**, v. 16, n. 46, p. 135-148. 2011.

JACOBI, P. R. Educação Ambiental: o desafio da construção de um pensamento crítico, complexo e reflexivo. **Educação e Pesquisa**, v. 31, n. 2, p. 233-250. 2005.

JARDIM, W. F. A evolução da atmosfera terrestre. **Química Nova na Escola**, Cadernos Temáticos. Edição especial. p.5-8. Maio, 2001.

JURAS, I. A. G. M. Aquecimento Global e Mudanças Climáticas: uma introdução. **Plenarium**, v.5, n.5, p. 34 - 46, 2008.

JASANOFF, S. **Designs on nature: science and democracy in Europe and the United States**. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 2007. Disponível em: <http://press.princeton.edu/chapters/s7958.pdf>. Acesso em: out. 2015.

KEMENES, A.; FORSBERG, B.; MELACK, J. As hidrelétricas e o aquecimento global: emissão de metano e gás carbônico é elevada em usinas do trópico úmido. **Ciência Hoje**. n. 245, v. 41, p. 20-25. 2008.

KUHN, T. **A estrutura das revoluções científicas**. 10ª Ed. São Paulo: Perspectiva, 2011 (Debates; 115).

KUHN, T. Las relaciones entre la historia y la historia de la ciencia. In: KUHN, T. **La tensión esencial: estudios selectos sobre la tradición y el cambio en el ámbito de la ciencia**. Traducción de Roberto Helier. Mexico: Fondo de Cultura Economica, 1982, pp. 151 – 85.

KURY, L. La nature de la nation: le climat et les gens du Brésil (1780-1836). **Annales historiques de la Révolution française**, n.3, p. 129-152. 2011.

LACERDA, F.; NOBRE, P. Aquecimento global: conceituação e repercussões sobre o Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, n. 03, p. 14-17. 2010.

LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento**. São Paulo: Cultrix: Ed. Universidade de São Paulo, 1979.

LEFF, E. Complexidade, Racionalidade Ambiental e Diálogo de Saberes. **Educação & Realidade**, vol. 34, núm. 3, p. 17-24. 2009.

LEME, M. A. A. **Investigação das concepções de licenciandos em química sobre história da ciência**. 2008. 150 f. Dissertação. (Mestrado em Ensino de Ciências). Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. 2008.

LIEBER, R. R.; ROMANO-LIEBER, N. S. Risco, incerteza e as possibilidades de ação na saúde ambiental. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 6, n. 2, p. 121-134, 2003.

LIMA, G. F. C. Educação, emancipação e sustentabilidade: em defesa de uma pedagogia libertadora para a Educação Ambiental. In: LAYRARGUES, P. P. (coord). **Identities da educação ambiental brasileira**. Ministério do Meio Ambiente. Diretoria de Educação Ambiental. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. p.85 – 111.

LONDERO, L. A história e filosofia da ciência na formação de professores de física: controvérsias curriculares. **História da Ciência e Ensino: Construindo Interfaces**. v. 11, p. 18-32, 2015.

LONGO, K. M. Aerossóis e aquecimento global. **Ciência Hoje**. n. 218, v. 37, p. 10-11. 2005.

LUDKE, M.; ANDRÉ, E. D. A. M. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986. 99 p.

LUIZARI, R. A.; SANTANA, L. C. Educação ambiental e epistemologia da complexidade. **Revista eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v.18, p. 45-57, jan/jun 2007.

M1L. Menos um Lixo. **Dá pra viver uma vida Lixo Zero?** Série: Mares Limpos, Episódio 3. Julho de 2018. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=LhySy5QJreA>. Acesso em: 29 ago. 2018.

MAIA, C. A. **História das ciências: uma história de historiadores ausentes.** Precondições para o aparecimento dos *sciences studies*. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2013. 308p.

MALM, O. Nova ameaça do clima. **Ciência Hoje**. n. 221, v. 37, p. 21. 2005

MARENGO; J. A.; NOBRE, C. A. Lições do Catarina e do Katrina: as mudanças do clima e os fenômenos extremos. **Ciência Hoje**, n. 221, v. 37, p. 22-27. 2005.

MARQUES D. M.; CALUZI, J. J. A história da Ciências no ensino de química: algumas considerações. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5., 2005, Bauru. **Atas...**Bauru: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2005. Ref. 1-12

MARQUES, A. J.; FILGUEIRAS, C. A. L. A química atmosférica no Brasil de 1790 a 1853. **Química Nova**, v 33, n 7, p. 1612-1619. 2010.

MARTINS, L. A. P. História da Ciência: objetos, métodos e problemas. **Ciência e Educação**., v. 11, n.2, p. 305-317, 2005.

MARTINS, R. A. Introdução: A história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, C. C. (org.) **Estudos de história e filosofia das ciências**: subsídios para a aplicação no ensino. São Paulo: Livraria da Física, 2006. p. XVII.

MASLIN, M. **Global warming: a very short introduction**. New York Oxford University Press. 2004.

MASSONI, N. T.; MOREIRA, M. A. A epistemologia de Fleck: uma contribuição ao debate sobre a Natureza da Ciência. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.8, n.1, p.237-264, 2015.

McCOMAS, W. F.; CLOUGH, M. P.; ALMAZROA, H. The role and character of the nature of science in science education. IN: McCOMAS, W. F. (org.) **The nature of science in science education: rationales and strategies**. New York: Kluwer academic publishers. 2002.

McCOMAS, W. F.; OLSON, J. K. The nature of science in international science education standards documents. IN: McCOMAS, W. F. (Org.) **The nature of science in science education: rationales and strategies**. New York: Kluwer academic publishers. 2002.

MITCHELL, J. F. B. The "greenhouse" effect and climate change. **Reviews of Geophysics**, v. 27, n. 1, p. 115-139. 1989.

MORAES, R. Análise de conteúdo. **Revista Educação**, v. 22, n. 37, p. 7-32, 1999.

- MORIN, E.; ALMEIDA, M. C.; CARVALHO, E. A. (Org) **Educação e Complexidade**: Os sete saberes e outros ensaios. São Paulo: Cortez, 2002. 192 p.
- MORIN, E. **O Método 3**: O conhecimento do conhecimento. Lisboa: Editora Europa América, 1986.
- MORIN, E. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. 6ªEd. São Paulo: Cortez; Brasília, DF: UNESCO, 2002.118 p.
- MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Tradução: Eliane Lisboa. 4ª Edição. Porto Alegre: Sulina, 2011. 120p.
- MORIN, E. **A cabeça bem-feita**: repensar a reforma, reformar o pensamento. 12ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.
- 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.
- NIEHCC. **Núcleo de Investigação em Ensino, História da Ciência e Cultura**. Site de divulgação. Disponível em: <https://niehcc.wordpress.com>. Acesso em: 15 jan. 2019.
- OLIVEIRA, M. J.; VECCHIA, F. Controvérsia das mudanças climáticas e do aquecimento global antropogênico: consenso científico ou interesse político? In: Fórum Ambiental da alta Paulista, v. 5, 2009, Tupã. **Atas...** Tupã: Associação Amigos da Natureza da Alta Paulista. p. 946 – 962. 2009.
- PAINTER, J. **Climate change in the media**: reporting risk and uncertainty. New York: I.B.Tauris, 128p. 2013.
- PAINTER, J. **Poles Apart**: the international reporting of climate skepticism. Oxford: Reuters Institute for the Study of Journalism. 136 p. 2011. Disponível em: <https://reutersinstitute.politics.ox.ac.uk/sites/default/files/Poles%20Apart%20the%20international%20reporting%20of%20climate%20scepticism.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2016.
- PINTO, M. S.; CECCHINI, M. A. G.; MALAQUIAS, I. M.; MOREIRA-NORDEMANN, L. M.; PITA, J. R. O médico brasileiro José Pinto de Azeredo (1766?-1810) e o exame químico da atmosfera do Rio de Janeiro. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, v. 12, n. 3, p. 617-73. 2005.
- POLI. **Poli-USP apresenta proposta de novo curso: Engenharia da Complexidade**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Abr. 2018. Disponível em: <http://www.poli.usp.br/pt/comunicacao/noticias/arquivo-de-noticias/2715-poli-usp-apresenta-proposta-de-novo-curso-engenharia-da-complexidade.html>. Acesso em: 30 ago. 2018.
- POMBO, O. Interdisciplinaridade e integração dos saberes. **Liinc em Revista**, v.1, n.1, p. 3 -15. 2005.

PONTO de Mutação, O. Direção: Bernt Amadeus Capra, Produção: A. J. Cohen. Seattle (USA): Atlas Production Company, 1991.

PÔRTO, A.; PONTE, C. F. Vacinas e campanhas: as imagens de uma história a ser contada. **História, Ciências, Saúde - Manguinhos**, vol. 10 (suplemento 2):725-42, 2003.

PORTO, A. P. História e Filosofia da Ciência no Ensino de Química: em busca dos objetivos educacionais da atualidade. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. **Ensino de Química em Foco**. Ijuí: Unijuí, 2011. p. 159-180.

REIS, D. A. **Compreensões elaboradas pelo campo da educação ambiental sobre o tema mudanç as climáticas: análise de dissertações e teses brasileiras**. 2013. 217 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Instituto de Biociências de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro. 2013.

RIGHI, C. A.; CERRI, C. C.; FEIGL, B. J.; GRAÇA, P. M. L. A. A Amazônia e o aquecimento global: os desafios para quantificar as emissões de gases de efeito estufa pelo desmatamento. **Ciência Hoje**. n. 261, v. 44, p. 22-27. 2009.

RIMAS, R. A culpa   do aquecimento global? **Ciência Hoje**. n. 249, v. 42, p. 56-57. 2008.

RIOS, R. I. Por que Bush não assina o Protocolo de Kyoto? **Ciência Hoje**. n. 214, v. 36, p. 17. 2005.

ROCHA, I; VICHESSI, R. **Ligações covalentes e os gases do efeito estufa**. Rede Nova Escola Clube. 2013. Documento online disponível em: <http://rede.novaescolaclub.org.br/planos-de-aula/ligacoes-covalentes-e-os-gases-do-efeito-estufa>. Acesso em: jan. 2017.

ROSELLA, M. L. A. **O estudo da termodinâmica através da análise do efeito estufa**. (Dissertação). Mestrado em Educação para a Ciência. Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciência, UNESP, Bauru, 2004.

RUFATTO, C. A.; CARNEIRO, M. C. A concepção de ciência de Popper e o ensino de ciências. **Ciência & Educação**, v. 15, n. 2, p. 269-89, 2009.

SALES, S. K. S.; OLIVEIRA, M. C. A. Evolução Biológica: abordagem da Natureza da Ciência (NdC) no ensino de assuntos controversos. In: FEITOSA, R. A.; SILVA, A. K. C.; SILVA, S. A. S.; ALVES, F. R. V. (org.) **O que o cenário atual revela ao ensino de biologia?** São Paulo: Editora Na Raiz, p. 45 – 66. 2018.

SATO, A. P. S. Qual a importância da hesitação vacinal na queda das coberturas vacinais no Brasil? **Revista de Saúde Pública**, v. 52, n. 96, p. 1- 9. 2018.

SHANAHAN, M. Time to adapt? Media coverage of climate change in nonindustrialised countries. In: BOYCE, T.; LEWIS, J. **Climate change and the media**. Global crises and the media. vol. 5. Peter Lang, 2009. p. 145-251.

- SILVA, A. S. Educação ambiental: aspectos teóricos-conceituais, legais e metodológicos. **Educação em Destaque**. Juiz de Fora, v. 1, n. 2, p. 45-61, 2008.
- SILVA, C. C. (org.). **Estudos de história e filosofia das ciências**: subsídios para a aplicação no ensino. São Paulo: Livraria da Física, 2006.
- SILVA, C. C.; MOURA, B. A. A natureza da ciência por meio do estudo de episódios históricos: o caso da popularização da óptica newtoniana. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 1, 1602-1 – 1602-10. 2008.
- SILVA, H. C. O que é divulgação científica? **Ciência & Ensino**, vol. 1, n. 1, p. 53 – 59. 2006.
- SILVA, R. O. Origens do science studies: política e interdisciplinaridade na constituição do movimento. **Conhecimento e Diversidade**, v. 2, n. 3, p. 10–18, 2010.
- SILVA, V. F. **O ensino de análise térmica e química dos fármacos**: uma análise dos currículos dos cursos de Licenciatura em Química da Faculdade de Ciências, UNESP-Bauru. Trabalho de Conclusão de Curso. 60 f. Bauru, 2017.
- SILVA-THIESEN, J. A interdisciplinaridade como um movimento articulador no processo ensino-aprendizagem. **Revista Brasileira de Educação**, v. 13, n. 39, 2008.
- SOTERRONI, A. C.; MOSNIER, A.; CARVALHO, A. X. Y.; CAMARA, G.; OBERSTEINER, M.; ANDRADE, P. R.; SOUZA, R. C.; BROCK, R.; PIRKER, J.; KRAXNER, F.; HAVLIK, P.; KAPOV, V.; ERMGASSEN, E. K. H. Z.; VALIN, H. RAMOS, F. M. Future environmental and agricultural impacts of Brazil's Forest Code. **Environmental Research Letters**, n. 13, 2018. p. 1-12. 2018a.
- SOTERRONI, A. C.; RAMOS, F. M.; OBERSTEINER, M.; POLASKY, S. **Fate of the Amazon is on the ballot in Brazil's presidential election (commentary)**. Mongabay. Outubro de 2018. 2018b. Disponível em: <https://news.mongabay.com/2018/10/fate-of-the-amazon-is-on-the-ballot-in-brazils-presidential-election-commentary>. Acesso em: 14 jan. 2019.
- SOUSA, C. M.; HAYASHI, M. C. P. I.; BERBEL, D. B.; ROTHBERG, D. Comunicação da ciência, transgênia e estudos CTS: a contribuição da informação para o debate público. In: SOUSA, C. M.; HAYASHI, M. C. P. I.; ROTHBERG, D. (orgs.). **Apropriação social da ciência e da tecnologia: contribuições para uma agenda**. Campina Grande: EdUEPB, 2011, p. 17-42.
- VASCONCELLOS, M. J. E. **Pensamento sistêmico**: o novo paradigma da ciência. Campinas: Papyrus, 2002. p. 268.
- VEIGA, J. E.; VALE, P. M. Aquecimento Global: um balanço das controvérsias. In: Ciclo de seminários do Departamento de Economia da FEA/USP, “Brasil no Século XXI: Desafios do Futuro”. p. 1-52, 2007.
- VIEIRA, C. L. Amazônia: de escoadouro a fonte? **Ciência Hoje**. n. 279, v. 47, p. 12-13. 2011.

WATANABE-CARAMELLO, G.; STRIEDER, R. B. Elementos para desenvolver abordagens temáticas na perspectiva socioambiental complexa e reflexiva. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 10, n. 3, p. 587-608. 2011.

YERGIN, D. **A busca**: energia, segurança e a reconstrução do mundo moderno. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2014. p. 864.

ZAMITH, R.; PINTO, J.; VILLAR, M. E. Constructing climate change in the Americas: an analysis of news coverage in U.S. and South American newspapers. **Science Communication**. v. 35, n 3. 2012. p. 334 - 357.

ZEPKA, A. P. S. Poluição verde: é possível? **Ciência Hoje**. n. 281, v. 47, p. 54-55. 2011.

APÊNDICE 1: Termo de consentimento e informação**Termo de Consentimento e Informação**

Nome da Pesquisa: História da Ciência e Complexidade: uma relação para compreender o efeito estufa

Pesquisadores responsáveis: Prof. Dr. João José Caluzi e Doutoranda Gabriela Bueno Denari.

Informações sobre a pesquisa: Por meio de leituras, dinâmicas em grupo, discussões realizadas em sala de aula e dos materiais apresentado pelos alunos sobre o conteúdo de efeito estufa, deseja-se desenvolver a compreensão dos debates histórico-epistemológicos da ciência envolvidos na possível evolução do conceito relacionados ao efeito estufa e suas consequências. Estas discussões serão realizadas a partir da teoria da complexidade de Edgar Morin.

Assim, convidamos você, aluno de graduação, a participar deste estudo. Assumimos o compromisso de manter sigilo quanto a sua identidade, como também garantimos que o desenvolvimento da pesquisa foi planejado de forma a não produzir riscos ou desconforto para os participantes.

No caso da aceitação, você terá o direito de retirar o seu consentimento a qualquer momento.

Prof. Dr. João José Caluzi
(Orientador)

Gabriela Bueno Denari
(Aluna de Doutorado)

Eu, _____

RG _____, abaixo assinado, tendo recebido as informações acima, e ciente dos meus direitos, concordo em participar da referida pesquisa, bem como ter:

1. A garantia de receber todos os esclarecimentos sobre todas as discussões antes e durante o desenvolvimento da pesquisa podendo afastar-me a qualquer momento assim que desejar.
2. A segurança plena de que não serei identificado, mantendo o caráter oficial da informação, assim como está assegurado que a pesquisa não acarretará nenhum prejuízo individual ou coletivo.
3. A segurança de que não terei nenhum tipo de despesa material ou financeira durante o desenvolvimento da pesquisa, bem como esta pesquisa não causará nenhum tipo de risco, dano físico, ou mesmo constrangimento moral e ético.
4. A garantia de que toda e qualquer responsabilidade nas diferentes fases da pesquisa é dos pesquisadores, bem como fica assegurado que haverá ampla divulgação dos resultados finais nos meios de comunicação e nos órgãos de divulgação científica em que a mesma seja aceita.
5. A garantia de que todo material resultante será usado exclusivamente para a construção da pesquisa e ficará sob guarda dos pesquisadores.

Tendo ciência do exposto acima, desejo participar da pesquisa.

Bauru, _____ de _____ de _____.

Assinatura do participante

APÊNDICE 2: Roteiro de estudo do filme

O Ponto de Mutação

- 1) Como as personagens do filme são retratadas? Características emocionais, sociais, religiosas, etc.?
- 2) O filme faz algumas críticas ao pensamento fragmentado de Descartes. Quais aspectos que são colocados pelas personagens nestas críticas? Elenque todos aqueles que julgarem importantes: políticos, ambientais, sociais, econômicos, culturais, etc.
- 3) Dê especial atenção aos contrastes dualistas feitos por Sônia como crítica ao pensamento fragmentado. Observe as discussões e explicações do que representa a árvore no pensamento fragmentado e no pensamento ecológico.
- 4) Em algumas cenas do filme, Sônia mostra a ciência a serviço da sociedade e em outras com outras características. Quais? Como você julga estas questões? Como são encaradas hoje as questões científicas?
- 5) Atente-se para as discussões feitas sobre o efeito estufa ao decorrer de todo o filme. Como este tema é abordado pelas personagens?
- 6) Como a química é tratada nos diálogos? Inter-relaciona-se com demais campos do conhecimento? As críticas científicas feitas cabem para o contexto escolar? Indiquem cenas que poderiam justificar sua resposta.
- 7) Cite cenas do filme em que é possível identificar aspectos relativos ao pensamento complexo?
- 8) Que aspectos de HFC podem ser abordados a partir deste filme? Pense tanto na perspectiva internalista quanto externalistas.

APÊNDICE 3: Aula para debates do efeito estufa intensificado

Sequência de vídeos com a temática do efeito estufa:

- MAG - 2/14 - Efeito Estufa:
<https://www.youtube.com/watch?v=soicSlswjOk>
- O apelo de uma garota de 12 anos:
https://www.youtube.com/watch?v=1D8_HsOTreA
- Discurso de Severn Suzuki:
<https://www.youtube.com/watch?v=k8onZK3U0VM>
- ONU alerta sobre Impactos do aquecimento global:
<https://www.youtube.com/watch?v=YB9Ckfmtq64>
- Ricardo Felício desmistifica causas do efeito estufa I Identidade Geral:
<https://www.youtube.com/watch?v=ewQdH2qwVKK>
- Por dentro do novo relatório do IPCC:
<https://www.youtube.com/watch?v=IFC-UrWyVHk>

Discussão geral com alunos com questões norteadoras do tipo: O que vocês destacam dos vídeos assistidos?; Quais críticas lançam ao que acabaram de assistir?

Em grupo, os alunos discutiram entre si as seguintes questões: Você acha que existe elementos políticos/ideológicos no debate científico?; Quais os argumentos dados pelo Prof. Ricardo para a questão do efeito estufa? E os argumentos dos demais ambientalistas?; O que poderia influenciar as mudanças nas decisões ambientais ao longo do tempo?; Em sala de aula, como são colocadas as questões sobre o efeito estufa? Você acha que é importante levar estes debates para a escola? Se sim, de que maneira?

Ao final, cada aluno entregou uma produção textual com o resumo das discussões colocando seus pontos de vista sobre a temática.

APÊNDICE 4: Modelo de plano de aula

PLANO DE AULA
Tema:
Público Alvo:
OBJETIVOS
GERAL
ESPECÍFICOS
CONTEÚDOS
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS - ATIVIDADES
APRESENTAÇÃO:
DESENVOLVIMENTO:
INTEGRAÇÃO (SÍNTESE):
AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM
RECURSOS NECESSÁRIOS
REFERÊNCIAS
<ul style="list-style-type: none"> • Básica • Complementar

APÊNDICE 5: Roteiro de análise dos planos de aula

- 1) Os objetivos do plano estão condizentes com a metodologia e os procedimentos realizados?
- 2) A avaliação é de que tipo? Somativa, formativa e/ou diagnóstica?
- 3) A(s) avaliação(ões) proposta(s) está(ão) coerente(s) com os objetivos e com a metodologia utilizada?
- 4) O tempo de execução do plano é factível?
- 5) O plano de aula engloba perspectivas interdisciplinares?
- 6) Existe uma pergunta investigativa ou norteadora que desencadeia o interesse dos alunos? Se sim, comente sobre.
- 7) O que vocês mudariam neste plano visando tempo de execução, atividades, experimentos, e demais caracteres que julgarem importantes.

APÊNDICE 6: Categorias identificadas pelas unidades de análise

Categorias identificadas nos dados	Extrato representativo das unidades de análise
Entendimento da cronologia dos fatos científicos	<p>[E1A/Q1A/c] A história da ciência é de suma importância quando remete ao aluno/professor uma maneira melhor de <u>conhecer o passado</u> e suas ideias já vividas pelos estudiosos da época, <u>para assim entendendo melhor o presente e visando sempre melhorar o futuro.</u></p> <p>[E1A/Q1A/g] De modo geral é necessário entender que o ensino da história da ciência é de grande valia já que através dela é possível <u>conhecer o passado, entender o presente e melhorar o futuro.</u></p>
Ciência dos poderosos e excludente	<p>[E1B/F1B/j] Ela mostra a <u>ciência como uso dos poderosos</u>, pesquisa-se o que é de <u>interesse dos ricos e exclui-se o restante da população</u>, negando acesso à ciência.</p> <p>[E1B/F1B/k] Sônia diz que a ciência deveria ser usada para beneficiar a população, com o desenvolvimento da medicina, tecnologia, porém muitas vezes <u>ela é segregada da maioria da população</u>, quando é usada na indústria militar <u>como fonte de poder</u>. Hoje <u>a ciência é para aqueles que tem poder</u>, pois ela é “cara”. <u>A ciência não é acessível</u> e não se tem liberdade de pesquisar aquilo que se tem vontade.</p> <p>[E1B/F1B/n] Outro exemplo muito bom é quando eles discutem sobre a medicina e sua melhoria, que embora tenha tido muitos avanços, <u>ela é cara e acaba sendo restrita para alguns</u> e ela não é visa a cura da doença e sim evita a doença por um período.</p> <p>[E2B/C2B/g4] <i>Licenciando m:</i> Por exemplo, a Petrobrás é uma empresa totalmente brasileira, ela é estatal, então ela pertence ao Estado Brasileiro. É uma empresa que está vinculada diretamente ao Estado, não é uma empresa que eu criei, eu criei uma empresa e vou explorar a Petrobrás, não. A empresa, ela é moldada dentro dos padrões estatais do Brasil. Como a Vale do Rio Doce era e tudo mais. Um caso que aconteceu foi a da Vale do Rio Doce, que foi vendida, foi privatizada, que é como a gente fala. A empresa faliu, teve o desastre de Mariana, da Samarco e tudo mais. Então não é tão simples assim a conta. <u>Porque a hora que se houver essa abertura da exploração do petróleo no Brasil para outras empresas, provavelmente os Estados Unidos, que é o louco do petróleo, que causou toda aquela guerra no Iraque por causa de petróleo, vai cair matando em cima.</u> Se eles caírem matando em cima da gente, eu não acredito que eles vão trazer um preço camarada para a gente.</p>

<p>As questões políticas, econômicas e sociais influenciam a produção científica</p>	<p>[E1B/F1B/l] Sonia disse que o seu trabalho ela gostaria que fosse voltado para o bem, para uso cirúrgico por exemplo, em outros momentos como no relógio por exemplo ela diz que a ciência evoluiu a ponto de ficar muito pequeno, porém ela ficou muito desapontada ao saber que suas descobertas estavam sendo usadas de maneira armamentista. <u>Hoje a ciência existe para desenvolver meios mais rentáveis para a indústria.</u></p> <p>[E1B/F1B/k] No filme, desde o início <u>mostra a ciência como um objeto de política</u>, o personagem Tom ele faz imediações entre os argumentos de Sônia e Jack dizendo que desde o início do desenvolvimento da ciência e da filosofia temos esses problemas no domínio desses assuntos. Um tema seria <u>como a ciência se mistura com a política e como ela se desenvolve</u>, a favor da melhoria da humanidade? <u>Ou através de interesses financeiros?</u> Na crítica a Newton mostra que até mesmo os cientistas quando notam que existe incertezas na teoria (questão onda-partícula) ou quando para a ciência algo não apresenta exatidão ele passa a ser difícil de ser estudado e introduzido no meio científico.</p> <p>[E1B/F1B/p] Hoje a <u>ciência está nas mãos dos políticos</u> pois eles que <u>financiam toda a pesquisa</u>, não são vistos como pesquisas produtivas se essas não derem <u>lucro financeiro</u>.</p> <p>[E1B/C1B/g3] Articulando o conhecimento químico com conhecimento de outras áreas do saber; Ao nível de conhecimento, aplicação e solução de problemas, <u>reconhecer a química como construção humana, aspectos de sua história e relações com o contexto cultural, social, político e econômico.</u></p> <p>[E1A/T1A/b] (...) o <u>efeito estufa nada mais é que interesse político</u>, pois, há o envolvimento de “poder” e “dinheiro”.</p> <p>[E1A/T1A/d] <u>A ciência é movida pela política</u>, as pesquisas são financiadas por que deseja provar ou negar alguma coisa e as pesquisas são direcionadas a isso. Dificilmente encontra-se uma pesquisa imparcial.</p> <p>[E1A/T1A/e] Dessa maneira, os alunos serão capazes de se posicionar em relação aos problemas ambientais em sua volta, e analisar os efeitos relacionados, <u>observando que a política está diretamente relacionada com a ciência e a publicação do conhecimento científico.</u></p> <p>[E1A/T1A/g] Não se sabe ao certo se a atividade humana é capaz de agravar o efeito estufa, mas sabe-se que sem dúvida alguma questões são sim levantadas por <u>uma atividade humana desenfreada que visa o lucro de todas as formas (...).</u></p>
--	---

<p>Pensamentos evoluem, ciência evolui</p>	<p>[E1B/F1B/j] A história e filosofia da ciência <u>é retratada de forma evolutiva</u> ao longo do filme e algumas das citações podem ser usadas no ensino médio.</p> <p>[E1B/F1B/l] Observando todas as perspectivas nós podemos ver o momento em que o político diz que precisa manter o ponto de vista dele fragmentado para não perder votos, nesse ponto ele destaca que a sociedade não está pronta par ao novo, <u>a evolução dos conhecimentos científicos</u> ao longo do filme.</p> <p>[E1B/F1B/p] Mostrando <u>o desenvolvimento das ciências através dos anos passando por várias mudanças</u> até os dias de hoje, e como ele influenciou nas mudanças sociais, econômicas, políticas e de meio ambiente.</p> <p>[E1A/T1A/e] O modelo no qual o efeito estufa é passado na escola novamente volta naquela ideia de que a ciência é uma verdade absoluta, quando na verdade <u>trata-se de um conhecimento em constante desenvolvimento e modificações</u>.</p> <p>[E2B/C2B/g4] <i>Licenciando k:</i> O combustível que a gente tem mais antigo é a madeira. Vocês sabem por quê que é a madeira? <i>Alunos:</i> Porque pega fogo? <i>Licenciando m:</i> É <i>Licenciando k:</i> É o primeiro material disponível ao homem que pega fogo, <u>lá na pré-história; cerca de dois mil anos atrás. Depois, quando a gente foi evoluindo, chegou na revolução industrial, onde nós tínhamos máquinas e era necessário ter uma fonte de energia maior. Aí surgiu o carvão mineral. O que é o carvão mineral?</u> <i>Aluno:</i> Madeira queimada? <i>Aluno:</i> É minério <i>Licenciando k:</i> O carvão mineral é diferente desse carvão que a gente usa para fazer churrasco. Carvão mineral é um material que ficou muitos anos em decomposição, ele fica uma matéria firme e rica em energia. Ele é um processo de milhões de muitos anos e aí a gente consegue extrair o carvão mineral. Ele é uma fonte de energia muito grande, diferente do nosso carvão que se deixar de um dia para o outro ele apaga, o carvão mineral, não. Ele vai ficar pegando fogo durante um bom tempo. E na revolução industrial eles usavam o carvão nas máquinas a vapor. Com o passar do tempo, surgiu o petróleo. Petróleo, no começo, não era usado como a gente usa hoje. Era usado o petróleo em si. Petróleo é um processo de decomposição de matéria também, só que ele é oleaginoso, é bem grosso, um óleo bem firme. <u>E aí, com o passar do tempo, foi evoluindo, evoluindo, e descobriram que dava para industrializar ele.</u> De que jeito? O que que a gente consegue extrair do petróleo?</p>
--	---

	<p>[E1B/Q1B/n] Um dos pontos fundamentais para se introduzir a História da Ciência em sala de aula, é mostrar para os alunos que a ciência nunca é construída por apenas uma pessoa, ou que os nomes mais conhecidos tiveram seus trabalhos e executaram suas pesquisas sozinhos, sem a ajuda de ninguém. Mostrar que <u>a ciência é construída por uma linhagem de acontecimentos, onde há a influência e a fusão de várias ideias</u>, até que se chegue a um ponto, e ter em mente que este ponto nunca significa o fim, pois sempre é possível continuar estudando, <u>descobrimos novos caminhos e corrigindo antigos</u>, o que torna a ciência sujeita a infinitas mutações.</p> <p>[E1A/T3A/g1] <u>A evolução da química</u>, inclusive, foi um tópico que optamos por abordar em nossa atividade para que os alunos percebessem que a ciência não é algo inerte, mas se relaciona com a criatividade individual, o famoso “pensar fora da caixa”, e com as necessidades da sociedade em determinado período. De certa forma, foi uma maneira de estimulá-los a fazer parte da ciência e <u>da construção do conhecimento científico</u>.</p>
Ciência à serviço da sociedade	<p>[E1B/F1B/i] Sônia mostra a <u>ciência a serviço da sociedade</u> quando fala da sua pesquisa, por exemplo, que o laser de raio x iria auxiliar e muito na medicina. Mas também com os descobrimentos que foram surgindo a partir da pesquisa, esse conhecimento dava para ser utilizado por outros meios mais perigosos para a humanidade. E era quem estava bancando que queria isso. E isso acontece ainda mais vezes hoje em dia, onde quem banca sua pesquisa, a sua ideia científica, tem outros planos para ela, ou seja, outros planos a mais que o pesquisador queria de fato fazer com a descoberta.</p> <p>[E1B/F1B/k] Sônia diz <u>que a ciência deveria ser usada para beneficiar a população</u>, com o desenvolvimento da medicina, tecnologia, porém muitas vezes ela é segregada da maioria da população, quando é usada na indústria militar como fonte de poder.</p> <p>[E1B/F1B/l] Sonia <u>disse que o seu trabalho ela gostaria que fosse voltado para o bem, para uso cirúrgico por exemplo</u>, em outros momentos como no relógio por exemplo ela diz que a ciência evoluiu a ponto de ficar muito pequeno, porém ela ficou muito desapontada ao saber que suas descobertas estavam sendo usadas de maneira armamentista. Hoje a ciência existe para desenvolver meios mais rentáveis para a indústria.</p> <p>[E1B/F1B/n] Um exemplo é a <u>ciência a serviço da sociedade em relação a alimentação</u>, mais alimentos, mais produção, menos desperdício no campo, melhores preços, mas por outro lado</p>

	<p>temos concentração de terras, de produção, problemas ambientais, entre outros.</p> <p>[E1B/F1B/o] <u>Ela exemplifica avanços científicos que podem ser usados para o bem ou não</u>, como por exemplo o estudo dos lasers, que ela tinha em mente o uso medicinal, mas que em mãos erradas poderia ser usado como arma. Do mesmo modo os estudos que levaram a construções das bombas usadas na guerra. Hoje em dia é comum que descobertas científicas importantes sejam consideradas pelos militares como aparelhos de guerra, como robôs, drones, entre outros aparatos, eu considero esta questão complicada, pois por mais que não queremos que haja as guerras, não podemos nos esquecer que sempre haverá conflitos, isso é algo que parece estar intrínseco na natureza humana, o que eu espero é que um dia a tecnologia desenvolvida <u>seja a de diminuir as perdas de vida durante as guerras e não maximiza-la como o que ocorre ao longo de toda a história humana.</u></p> <p>[E1B/F1B/p] A ciência, segundo Sônia, <u>deveria ser favorável ao bem estar da humanidade</u> e favorecer o avanço tecnológico com desenvolvimento sustentável.</p> <p>[E1A/Q1A/e] A introdução histórica da ciência pode servir como instrumento capaz de reverter essa ideia, desmistificar a concepção errônea que os alunos têm sobre a ciência e o cientista, e o faria perceber a <u>influência e relação entre sociedade e comunidade científica</u>. Assim, o aluno perceberá que a <u>ciência se desenvolveu – e ainda se desenvolve – a partir da necessidade do homem.</u></p> <p>[E1A/T3A/g1] A evolução da química, inclusive, foi um tópico que optamos por abordar em nossa atividade para que os alunos percebessem que a ciência não é algo inerte, mas se relaciona com a criatividade individual, o famoso “pensar fora da caixa”, e com as <u>necessidades da sociedade em determinado período</u>. De certa forma, foi uma maneira de estimulá-los a fazer parte da ciência e da construção do conhecimento científico.</p>
<p>Pensamentos válidos para época</p>	<p>[E1B/F1B/o] Ela critica o pensamento mecanicista daquela época e que continua de certo modo até hoje, segundo ela na mente dos políticos. A comparação que ela faz é que Descartes explica o mundo comparando com um relógio, como se toda a natureza fosse uma máquina, <u>ela explica que para época de Descartes tal pensamento era válido, pois criou de certa forma uma ruptura com a igreja e que isso fez com que eles pudessem entender o mundo sem interferência da igreja</u>, mas hoje a ciência já superou em tecnologia o relógio, mas que a política continua a ver o mundo como um relógio ultrapassado.</p>

	<p>[E1B/F1B/n] <u>A mudança de paradigmas</u>, a responsabilidade dos cientistas juntamente com os valores da ciência, a relação teoria e prática, a diferenciação entre áreas de conhecimento e modos de acesso ao conhecimento, o modo de explicar a realidade.</p>
Argumentos de autoridade	<p>[E1A/C1A/g2] <i>Licenciando h</i>: O que vocês tiram de ideia disso? Vocês acham que o efeito estufa como é pregado, o aquecimento global como é passado para nós, é meramente político e econômico ou é algo que realmente pode trazer danos e prejuízos?</p> <p><i>Aluno</i>: Pode trazer danos e prejuízos.</p> <p><i>Licenciando h</i>: Você ainda acredita que pode trazer danos e prejuízos para nós?</p> <p><i>Aluno</i>: Sim</p> <p><i>Licenciando h</i>: Alguém tem alguma opinião diferente?</p> <p><i>Aluno</i>: Achei errado porque ela fala de crianças na rua, cachorros... não tem nada a ver. Porque o Governo não dá emprego para os pais, educação para eles saírem das ruas e não porque o planeta está acabando e ele está na rua.</p> <p><i>Licenciando h</i>: É bastante interessante o que ela acabou de falar. Vamos pensar um pouco, só num ponto isolado. O efeito estufa pode derreter geleiras e o aquecimento global pode derreter geleiras inundando todo o litoral. <u>Aí o doutor vem falar que não. Isso não pode. Ele estudou e tem fatos que provam que isso não pode acontecer.</u></p> <p><i>Aluno</i>: É só ele provar então...</p> <p><i>Aluno</i>: Só acredito vendo...</p> <p><i>Licenciando g</i>: Na verdade vocês têm que pensar que <u>é uma coisa difícil de se saber porque nem ele pode provar que não vai acontecer e nem quem acredita que aquecimento global existe pode provar que vai acontecer.</u> É uma coisa então que vocês ficam: ‘E aí, no que acredito então?’. A gente trouxe textos para ler depois e discutir depois do intervalo. E a ideia é dividir a sala em dois grupos: Um grupo que apoia e acredita no professor lá que aquecimento global não existe; e um grupo que fala que acredita e que prove que aquecimento global realmente existe. Para isso vocês viram os vídeos e a gente trouxe textinhos para fazer isso depois do intervalo.</p>
Efeito estufa como tema controverso	<p>[E1B/F1B/j] O tema “efeito estufa” surge quando se fala do desmatamento e da agropecuária no Brasil e retorna algumas vezes no decorrer do filme. <u>Jack acredita que talvez não haja um efeito estufa</u> e principalmente que, se há um, não foi causado pelo homem, visto que estuda-se o clima a pouco tempo. <u>Sônia crê que o efeito estufa é causado pelo homem sim</u>, através da poluição causada por nós.</p>

	<p>[E2B/C2B/g4] <i>Licenciando l:</i> então <u>o efeito estufa é bom ou ruim?</u> <i>Aluno:</i> É bom <i>Aluno:</i> Ruim <i>Aluno:</i> Ah, não sei. <i>Licenciando l:</i> É bom, ruim e aí? O que acontece? Na verdade, o efeito estufa é uma consequência natural do nosso ambiente, do nosso planeta, em função da presença dessa camada de ozônio. Essa camada de ozônio que existe ao redor do planeta ela serve para proteger o nosso planeta da incidência dos raios como também ela serve para manter o planeta mais aquecido. Porque, sem esse efeito estufa, as temperaturas médias no planeta seriam de cerca de -15°C. No entanto, a gente tem temperaturas médias no planeta de 15°C, certo? Sem essa camada de ozônio, isso não seria possível.</p> <p>[E1A/T1A/c] Devemos sempre <u>apresentar os dois lados da moeda e despertar a curiosidade deles para um futuro melhor, a fim de não serem levados por opiniões adversas, que veem no cotidiano, principalmente na mídia.</u></p>
<p>A mídia tem poder influenciador nas questões científicas</p>	<p>[E1A/T1A/c] Devemos sempre apresentar os dois lados da moeda e despertar a curiosidade deles para um futuro melhor, a fim <u>de não serem levados por opiniões adversas, que veem no cotidiano, principalmente na mídia.</u></p> <p>[E1A/T1A/f] Os vídeos apresentados hoje fizeram repensar o quanto <u>somos influenciados pelo monopólio midiático e acabamos por repetir esse discurso em nosso cotidiano</u>, muitas vezes estando fechados a novas ideias e nem ao menos refletindo sobre os diferentes pontos de vista.</p> <p>[E1A/T1A/g] (...) devemos levar em <u>consideração algum engajamento político e ideológico, incluindo principalmente a mídia</u>, e as pessoas mais elitizadas que buscam por lucro e investe pesado em assunto que tem repercussão mundial que tratam opinião pública de certa forma, <u>opinião essa que já é moldada pela própria mídia</u>, comandada por essas pessoas elitizadas.</p>
<p>Contar dados e relatos da ciência</p>	<p>[E1A/Q1A/f] (...) acredito que seja necessário utilizar a história da ciência <u>sem excluir relatos ou opções de pesquisa; é preciso ensinar erros e acertos</u>, tenham sido eles contemporâneos ou não.</p> <p>[E1B/Q1B/i] Desse modo, buscaria-se introduzir a história da ciência no ensino, <u>explicando como era a sociedade na época do desenvolvimento de uma teoria, ou de uma descoberta científica,</u></p>

	<p>quais eram as necessidades tecnológicas, que tipos de problemas enfrentavam, por que tal país era centro científico etc.</p> <p>[E1B/Q1B/o] Por meio de comparações, <u>onde se mostra para os alunos como a ciência era e como está</u> e o que se mantém, mesmo após muitos anos.</p> <p>[E1A/T3A/g2] É importante que essa formação possibilite conhecer <u>como a Química foi se consolidando como ciência, com seus métodos, modelos e teorias</u>. É necessário garantir espaço e tempo para que sejam abordados esses temas, de forma que o conhecimento faça sentido para a vida dos estudantes.</p>
Complexidade liga temas	<p>[E1B/F1B/j] O pensamento ecológico que a Sônia fala é como um sinônimo de pensamento complexo. Cada vez que ela fala <u>sobre a relação de tudo e como tudo está relacionado, que tudo é uma rede</u>.</p> <p>[E1B/F1B/j] Ao falar sobre a árvore, ela exemplifica o pensamento complexo, <u>que mostra como um ponto está interligado a tantos outros, formando uma teia</u>.</p> <p>[E1B/F1B/k] Na cena da árvore que retrata o funcionamento como um todo da árvore, na cena do átomo pois fala da questão onda-partícula e como essas relações do átomo fazem objetos sólidos retratando as interações sistêmicas. Ela trata do conhecimento ecológico como parte de ciclos que <u>acontecem através de teias de relações</u> e deixa claro que para maiores conhecimentos é necessário olhar para o todo e <u>depois as relações e interações que constroem este todo</u>.</p> <p>[E1B/F1B/l] Em todo momento o filme <u>trata todas as coisas como se estivessem interligadas</u>, segundo Sônia, cada ação deveria ser tratada como um todo, pois causaria um outro efeito.</p> <p>[E1B/F1B/n] O filme todo faz parte de um pensamento complexo, pois apresenta ideias de pensamento fragmentado contraposto com o <u>pensamento de um sistema de uma forma presente em diversos assuntos como medicina, química, física, história, filosofia, economia, entre outros</u>. Ele consegue <u>ligar todos esses temas voltados para uma mesma problemática</u>. Cenas como a do efeito estufa, a do relógio, a do Newton são só algumas ramificações desse pensamento complexo que já é o filme por inteiro.</p>
Não isolar problemas	<p>[E1B/F1B/i] Quando Sônia fala sobre a árvore, no pensamento fragmentado a árvore é vista como um meio para dar frutos e flores. Mas se olharmos mais profundamente, no pensamento</p>

	<p>ecológico, a árvore serve como casa aos pássaros, os frutos como alimento aos animais, a árvore também auxilia os animais a respirarem, e depende de outros seres vivos para sobreviver, como por exemplo, depende dos fungos para poder retirar água. Assim, <u>para entender melhor um objeto de análise, temos que olhar tudo a sua volta</u>. Apenas o pensamento fragmentado não basta.</p> <p>[E1B/F1B/n] A personagem faz diversas críticas ao pensamento fragmentado, ela diz por exemplo que os políticos procuram por soluções de curto prazo para problemas individuais, ou seja, eles procuram pela intervenção do problema e não pela prevenção do mesmo, porque eles <u>não conseguem enxergar a situação como um todo e sim em diversas partes não relacionadas</u>, como o alto investimento em diversas áreas da medicina, que muitas vezes mascaram o problema por um tempo mas se a pessoa continua com os mesmos hábitos o problema volta, ou seja, ele não foi erradicado.</p> <p>[E1B/F1B/n] O efeito estufa vem como um dos problemas gerados por outros problemas, como um efeito dominó. Sônia dá um exemplo do Brasil, que para pagar dívidas externas, desmata a floresta Amazônica, para investir e vender gado e terras, e a floresta Amazônica é uma grande fonte de ar puro para o planeta e com seu desmatamento vai agravando cada vez mais o efeito estufa, que traz consigo diversas consequências também. <u>Mais uma vez ela enfatiza o fato de não se poder olhar para um problema como um caso isolado e sim em todo o sistema, o que gera ele e o que pode ser gerado a partir dali</u>.</p> <p>[E1B/F1B/f] Sônia no filme diz que a árvore <u>não pode ser estudada em partes e isoladamente</u>, assim como os seres vivos, pois a árvore está inserida num meio em que habita, depende de fungos do solo e vice e versa, para sua sobrevivência, todos estamos em uma <u>teia complexa</u>.</p>
<p>Discussões do contexto local para levar à reflexões globais</p>	<p>[E1B/C1B/g3] <i>Licenciando o:</i> Ninguém nunca ouvir falar que houve um caso de contaminação em Bauru? <i>Aluno:</i> Já, meu tio trabalhava. <i>Licenciando o:</i> Foi onde seu tio trabalhava? E o que você ouviu falar na época? <i>Aluno:</i> Ele falou que estava muito fraco, só sentia moleza e teve que sair de lá. <i>Licenciando o:</i> Em que ano que seu tio trabalhava lá, você lembra? <i>Aluno:</i> Acho que 2007. <i>Licenciando o:</i> 2007, isso, por aí mesmo. <u>Essa fábrica, Ajax, ela veio para Bauru em 1960. De lá para cá ela recebeu várias autuações por causa dos funcionários que relatavam que</u></p>

poderiam estar sendo contaminados por chumbo. Em 2002 ela foi interditada pela CETESB porque toda a região em volta dela estava contaminada com chumbo. Todo o solo da região em volta dela estava contaminado. Então de 1960 até 2002, 42 anos, a fábrica estava despejando substâncias de chumbo na terra em Bauru. Para “melhorar” a região, eles recolheram toda essa terra que estava contaminada com chumbo e aí não tinham o que fazer. Como [nome do licenciando n] já falou, não dá para usar nada do que é contaminado com metais tóxicos: água contaminada, solo contaminado. Não consegue descontaminar. *Licenciando n:* Existem alguns processos, mas é muito caro, muito, muito caro.

Licenciando o: Então o que eles fizeram: lavaram a caixa d’água de todo mundo que morava naquela região, recolheram toda a terra. E eles não sabiam o que fazer e colocaram lá dentro da fábrica e está lá, até hoje.

Aluno: E daí fechou

Licenciando o: Sim, daí a consequência, a empresa faliu.

[E1B/C1B/g3] *Licenciando o:* Por que que vocês acham que o aquífero Guarani é tão importante?

Aluno: Por que ele abastece Bauru

Licenciando n: Bauru só?

Aluno: Ah, a região também.

Licenciando n: Só as cidadezinhas aqui...?

Aluno: Engloba quase todo o Estado de São Paulo.

Licenciando o: Engloba quase o Estado de São Paulo inteiro ou quase a região sudeste inteira?

Licenciando n: Então, se ele engloba toda essa região, imagine aqui em Bauru, contaminado com chumbo e acaba contaminando o Aquífero Guarani, aquele incidente em Bauru ia atingir a região toda. Então, não é porque “Ah, Bauru, uma cidadezinha aqui no interior” que a gente não precisa tomar cuidado. Se todas estas fábricas menores, de cidades pequenas, não tomarem o cuidado, se chegar a atingir...

Aluno: Nossa, atinge o Brasil.

Licenciando n: Exato! Mas você acha que é só o Brasil?

Aluno: Acho que outros.

Licenciando n: Exato. Tudo está interligado, principalmente água. Muito difícil controlar, tem que tomar muito cuidado.

[E1B/C1B/g3] *Licenciando n:* Se em Bauru poderia acontecer tudo isso, o que vocês acham sobre o desastre de Mariana? As consequências?

[E1B/C2B/g3] Em seguida, entrar no assunto impactos ambientais, falando um pouco sobre a contaminação de Bauru e o desastre de Mariana. Levantando algumas perguntas também como por exemplo: “qual é o tamanho do estrago? De quem é a

	<p>culpa? A região vai se recuperar? <u>Vocês acham que esses impactos ambientais afetaram apenas a região onde ocorreram?</u></p> <p>[E1B/C1B/g4] <i>Licenciando j:</i> Então para vocês o melhor combustível é...?</p> <p><i>Aluno:</i> O mais barato.</p> <p><i>Licenciando j:</i> E qual é o mais barato?</p> <p><i>Alunos:</i> Etanol.</p> <p><i>Licenciando m:</i> E por que ele é o mais barato? Vocês sabem?</p> <p><i>Alunos:</i> Porque ele é de planta?</p> <p><i>Licenciando m:</i> <u>Olha aqui na região de vocês: Macatuba, Pederneiras, Lençóis Paulista... O que tem muito aqui do lado?</u></p> <p><i>Alunos:</i> Cana.</p> <p><i>Licenciando m:</i> Cana-de-açúcar. E o que a cana-de-açúcar tem a ver com o etanol?</p> <p><i>Aluno:</i> O álcool é feito da cana-de-açúcar</p> <p><i>Licenciando m:</i> O Brasil é o país que mais produz etanol por causa da cana-de-açúcar</p> <p><i>Licenciando k:</i> <u>Gente, o Brasil é o país que tem o melhor rendimento de produção de etanol com cana-de-açúcar. Os outros países fabricam a partir da beterraba, do milho... São outras fontes de se obter o etanol. Mas o Brasil tem o melhor no mundo.</u></p> <p><i>Alunos:</i> Do milho?</p> <p><i>Licenciando k:</i> Sim, do milho. Todos eles produzem açúcar.</p> <p><i>Licenciando m:</i> Os Estados Unidos são os maiores de etanol e eles usam o milho.</p>
Partes presentes no todo e/ou o todo nas partes	<p>[E1B/F1B/l] Os personagens falam da questão ambiental e social mecanizada com que a sociedade é composta, tendemos a ter uma visão fragmentada de tudo, mecanizada, quando segundo um dos personagens <u>o que deveria ser feito é olhar as coisas como um todo</u>, porque você conserta apenas uma parte das coisas só para que outra “se quebre” logo em seguida.</p> <p>[E1B/F1B/n] No pensamento fragmentado a árvore não seria vista como um todo e sim como suas partes individuais como folhas, raízes, troncos, galhos. Já em uma <u>visão de um sistema vivo, a árvore é uma ligação</u> entre terra e céu, ela é morada ara várias aves e insetos, ela nos oferece oxigênio, permitindo a vida dos outros seres vivos, e ela já está em constante interdependência com o mundo. Levando em conta o pensamento fragmentado, quando se olha para as partes isoladas, é possível enxergar mais detalhes de cada uma delas, mas não é possível ver a interferência do sistema como um todo, <u>sem entender o sistema não se pode analisar com total eficácia suas partes.</u></p>

	<p>[E1B/F1B/o] Segundo ela no pensamento fragmentado você vê a árvore simplesmente como raízes, tronco, galhos e folhas, e que a árvore não é só isso. Então Jack a incita a explicar uma árvore e ela o faz sem nem ao menos citar uma dessas partes. <u>Ela explica que uma árvore é mais do que essas simples partes, que ela faz parte do todo</u>, como as trocas sazonais, a respiração que é essencial para a vida na Terra, a relação simbiótica que ela faz com toda a terra, o fato de servir de habitat para outras espécies e a interdependência que ela possui.</p> <p>[E1B/F1B/p] Na prática diz que os pensamento são feitos de forma mecanicista, com uma condição mais simples (plano cartesiano) e não <u>junta as partes e enxergam como um todo</u>, enxergam o impacto global na existência individual.</p> <p>[E1B/F1B/k] 1ª crítica: a natureza como um relógio onde é possível reduzir a um monte de peças, <u>onde cada parte a ser analisada é capaz de descrever o todo, para explicar melhor essa parte</u>. A cientista descreve o funcionamento de uma árvore analisando suas interações e não cada parte da árvore (raíz, caule). 2ª crítica: a análise política que para se conseguir algo de verdade é necessário dividi-lo em partes para então ter ideias claras sobre cada coisa.</p>
<p>Diferentes pontos de vista levam ao global</p>	<p>[E1B/F1B/j] Critica principalmente o fato do pensamento fragmentado dar uma ideia de que tudo é uma máquina, tudo é mecânico. As personagens fazem <u>crítica pelo aspecto social (superpopulação), econômico (empréstimos de países subdesenvolvidos), ambiental (desmatamento), político (desigualdades), cultural (mudanças de hábitos)</u>.</p> <p>[E2B/C2B/g4] <i>Licenciando l:</i> A ideia do minicurso é que vocês consigam avaliar criticamente, depois de tudo o que vocês ouvirem, qual o combustível é melhor. <i>Licenciando j:</i> Nós apresentamos vários fatores. <u>Apresentamos: o fator econômico, o fator do rendimento, o fator histórico, o fator ambiental... Hora que olha o global, globalmente falando, qual combustível é melhor?</u></p> <p>[E1B/C1B/g4] Compreender as implicações ambientais do uso de combustíveis de origem fóssil; Comparar o rendimento de combustíveis de origem fóssil e de biocombustíveis; <u>Saber escolher, em todos os aspectos, o melhor combustível para abastecer um carro.</u></p> <p>[E1B/T1B/g4] O texto é complexo pois trata do tema furacões de uma forma muito crítica, e de <u>várias perspectivas diferentes</u>, como geografia, geopolítica, química, meteorologia, sociologia,</p>

	<p>entre outras, que <u>auxilia o leitor ligar cada uma dessas ideias com o ambiente em que está sendo inserido.</u></p> <p>[E1B/Q1B/p] Demonstrando algumas perspectivas historiográficas sobre as pesquisas de alguns cientistas sobre o tema e <u>através de uma mesa redonda fazer com que os alunos debatam o efeito estufa com seus pontos de vistas</u></p>
<p>Discussões que ajudam a desenvolver pensamento crítico</p>	<p>[E1A/T1A/c] Levar problemas e discussões que vemos no dia-a-dia é de suma <u>importância para o pensamento crítico</u> e futuro de uma pessoa.</p> <p>[E1A/T1A/e] Sendo assim, os alunos poderão, com base nos argumentos apresentados a eles, <u>pensar e relacionar as “causas” do agravamento do efeito estufa.</u> E escolher eu lado, de maneira <u>que possam argumentar de forma sólida</u> aquilo que acreditam.</p> <p>[E1A/T1A/h] De acordo com as discussões do tema, pode-se definir <u>que temos que pensar criticamente sobre como enfrentaremos os problemas</u> comuns das salas de aula. Devemos mostrar aos nossos alunos que não podemos ser “marionetes intelectuais”, <u>precisamos pensar criticamente</u> e formar nossa própria opinião.</p> <p>[E1B/T1B/g4] O texto trata de biocombustíveis de uma maneira bem separada, explicando os fatores biológicos, químicos e físicos. Dado os fatores, são explicados com muita profundidade, <u>mas não faz com que o leitor tenha um pensamento crítico de como esse assunto está inserido no seu contexto.</u> Por isso o texto é interdisciplinar.</p>
<p>Complexidade como forma de desenvolver pensamento crítico</p>	<p>[E1A/T3A/g1] Dentro dessa grande unidade deverão ser estudadas e abordadas em aula diversas questões relacionadas ao meio ambiente, aos recursos naturais e, não menos importante, a responsabilidade no seu uso. Para isso, <u>é necessário caracterizar os fenômenos e as interações de sistemas e organismos</u> como o ambiente, sendo indispensável trabalhar a questão das implicações causadas pelo uso de produtos advindos da tecnologia e sua relação a mudanças climáticas de temperatura e radiação que atingem à superfície da Terra.</p> <p>[E1A/T3A/g1] O minicurso prosseguiu com discussão e sugestões dos próprios alunos sobre a relação entre desenvolvimento e meio ambiente. Questões sobre desenvolvimento sustentável, alternativas para minimizar a poluição e o agravamento do efeito estufa foram levantadas e os alunos participaram, argumentaram e se posicionaram com relação a essas questões reais e frequentes do nosso cotidiano,</p>

	<p>que envolvem não só o meio ambiente, mas também a política e a sociedade. <u>“É possível que um país se desenvolva e ao mesmo tempo preserve a natureza? De que maneira?”</u> foi uma das questões que nortearam essa etapa da atividade, permitindo que os alunos pudessem se expressar e mostrar seus pontos de vista. Como o assunto envolve outras áreas (como a sociedade e a política, citados anteriormente), <u>nos aproximamos do pensamento complexo bastante estudado na graduação durante o semestre.</u> Os estudantes inclusive perceberam que a discussão criada ali não tinha como objetivo apontar uma resposta correta ou errada, <u>mas de incluir diversos conteúdos, de modo a compreender que o efeito estufa se relacionava com diversas áreas, o que tornava seu estudo cada vez mais complexo.</u></p>
<p>Atividades que despertam reflexões</p>	<p>[E1A/C1A/g2] Usar três vídeos, e dividir a sala em dois grupos <u>para discutirem entre eles fazendo com que interajam e argumentem sobre seus respectivos posicionamentos através da criticidade.</u></p> <p>[E1B/C1B/g3] <i>Licenciando o:</i> A gente trouxe para vocês algumas notícias daquela época para vocês verem o que aconteceu. <i>Licenciando n:</i> As notícias que a gente vai trazer para vocês sobre a contaminação de Bauru, é para vocês <u>conseguirem perceber as consequências que esse fato pode trazer para o município e a demora que é para você tentar resolver isso.</u></p> <p>[E1B/C1B/g3] <i>Licenciando n:</i> <u>Agora a gente vai passar para vocês algumas manchetes para vocês verem como esta notícia foi passada.</u> Por exemplo: “Tragédia em Mariana: maior desastre ambiental da história”.</p> <p><i>Licenciando o:</i> Ele é tido como maior desastre ambiental brasileiro, como maior desastre de mineração do mundo. Não teve no mundo outro desastre tão grande quanto o de Mariana. Isso para vocês terem a dimensão do que foi este desastre. <i>Licenciando n:</i> Agora este outro aqui: “Desastre de Mariana completa um mês e ainda não se sabe a causa”. Vocês acham que realmente eles não sabiam as causas ou eles estavam demorando para soltar a informação? <i>Aluno:</i> Acho que estavam demorando de propósito. <i>Licenciando o:</i> Provavelmente demorando mesmo. <i>Licenciando n:</i> Aqui são duas notícias de alguns dias depois daquela que eles noticiaram que não sabiam as causas. “Mesmo sem ser tóxica a lama de barragem de Mariana deve prejudicar ecossistema por anos”. Mesmo sem ser tóxica, certo? Na outra notícia está falando assim: “Cientistas encontram metais pesados em amostras do Rio Doce”. Aí fala de metais pesados, metais tóxicos, e na outra notícia fala, ‘mesmo sem ser tóxica’. E detalhe, leem ali embaixo aquela submanchete.</p>

[E1B/C1B/g4] *Licenciando l:* O que que o gás carbônico faz com o meio ambiente?

Aluno: Prejudica

Licenciando l: Como que ele prejudica? Uma questão aqui que todo mundo com certeza já ouviu falar.

Aluno: Ele prejudica o ar?

Licenciando l: Prejudica o ar. De que jeito ele prejudica o ar? O que faz ele prejudicar o ar?

Aluno: O efeito estufa?

Licenciando j: Isso! O que é o efeito estufa? Ele é mau ou ele é bom?

Aluno: É ruim

Aluno: Em partes.

Licenciando j: Em partes por quê?

Aluno: Nossa, mas vocês vão aprofundando nas perguntas, né?

[E1B/C2B/g3] *Licenciando n:* A gente vai passar para vocês duas manchetes. A gente quer que vocês discutam entre vocês separadamente, e depois vocês passam as respostas para gente discutir aqui com todo mundo. Queremos que vocês observem três pontos: Se vocês acham que a manchete está distorcida. Outro ponto: se os metais citados são tóxicos para gente ou não. E o terceiro ponto: quais as consequências – do que a notícia está tratando aqui – para nós, para o meio ambiente, ou seja, qual a consequência disso.

[E1B/C1B/g3] *Licenciando n:* Então gente, é o seguinte, quando nós falamos de metais tóxicos sempre a gente acaba caindo no assunto de impactos ambientais. Vocês devem - eu acredito - já terem escutado sobre o desastre de Mariana?!

Alunos: Sim, da barragem lá.

Licenciando n: Certo, da barragem.

Alunos: Que estourou a barragem lá.

Licenciando n: Normalmente quando esses metais tóxicos eles entram em contato com a natureza eles fazem um estrago daqueles. O impacto é muito grande, é muito difícil e caro de tratar. E quando você meche com a natureza, normalmente também afeta o ser humano, a nossa saúde. E nós vamos falar de dois desastres que aconteceram: um foi uma contaminação de chumbo em Bauru...

Licenciando o: Vocês sabem o que aconteceu? Já ouviram falar?

Alunos: Não

Licenciando o: Ninguém ouviu?

Licenciando n: Então, houve essa contaminação em Bauru e também vamos falar do desastre em Mariana, que foi bem maior, um acidente bem maior. E o de chumbo foi um lugar menor, mas não quer dizer que não tenha tido consequências pequenas.

<p>Crítica a Hiperespecialização</p>	<p>[E1B/F1B/n] O assunto da bomba atômica também é citado no filme, tendo como motivo não apenas a guerra em si, mas outros assuntos que também interferiram para a execução de tal ação. Por causa disso, que hoje, <u>existem tantas especializações em todas as áreas,</u> uma dificuldade muito encontrada na sociedade hoje que é saber fazer uma interdisciplinaridade com os outros assuntos do mundo. Um professor de física, por exemplo, se vê <u>apenas sabendo assuntos de física não consegue entender que física pode estar relacionado a outros assuntos como</u> filosofia, economia, sociologia.</p>
<p>Entendimento causa-efeito</p>	<p>[E1A/T3A/g1] Dentre as muitas áreas econômicas, sociais e ambientais envolvendo a química está a indústria, com seus resíduos e poluições, e também o desenvolvimento da agricultura, com a utilização de fertilizantes e agrotóxicos que estão, de diversas maneiras, relacionadas com <u>mudanças climáticas e preservação do planeta</u> e sua biodiversidade. Esse exemplo, entre muitos outros, ilustra a importância do conhecimento de química por parte do jovem para que ele <u>consiga se posicionar e também tomar atitudes com consciência de seus efeitos.</u></p>
<p>Compreender natureza da ciência</p>	<p>[E1A/Q1A/e] Isso possibilita o aluno perceber que a <u>ciência não é uma atividade linear, individual e cumulativa.</u> A partir disso, é possível estabelecer discussões sobre dada teoria, e sua relação com a sociedade, estimulando o desenvolvimento crítico dos alunos. O ensino de ciências, junto com a história da ciência, <u>contribui para o entendimento de como a própria ciência funciona e os motivos (externos e internos) que levam os cientistas a se dedicar a um dado assunto,</u> mostrando que o contexto histórico tem grande influência nisso.</p> <p>[E1A/Q1A/f] em determinados períodos da história não houve avanço porque as <u>pesquisas se dedicavam mais a reafirmar determinados conceitos do que a se embrenhar em novos caminhos (...).</u> Por fim, penso que ensinar história da ciência facilite a <u>ligação entre o que foi descoberto e o período em que tal fato se dá,</u> como por exemplo as descobertas feitas em épocas de guerra. Torna-se mais palpável para o aluno <u>entender porque havia muitos estudos em determinada área em relação a outras.</u></p> <p>[E1B/Q1B/i] Neste sentido, tão importante quanto aprender ciências <u>é aprender sobre ciências.</u> Esta compreensão sobre o que é a ciência envolve tanto <u>reconhecer sua inserção em um contexto social,</u> como também <u>ter uma ideia de como é construído o conhecimento científico</u> e em que ele se diferencia dos saberes cotidianos.</p>

<p>Reprodução de experimentos históricos</p>	<p>[E1B/Q1B/i] 1. O professor pode começar a atividade, perguntando aos alunos o que eles sabem sobre efeito estufa. 2. <u>Propor a montagem e execução de um experimento em um grupo a partir da leitura de um texto histórico.</u> 3. Discutir o experimento em grupo e anotar as observações. Depois cada grupo deve socializar as discussões com toda a turma. 4. O professor pode encerrar a aula, concluindo sobre o tema, a partir das observações dos grupos. 5. Os grupos podem produzir cartazes que ilustrem suas conclusões para a próxima aula.</p> <p>[E1B/Q1B/n] <u>Tentando reproduzir o mais fielmente possível alguns experimentos feitos na época em que os estudos sobre as mudanças climáticas começaram a acontecer,</u> com os mesmos materiais disponíveis nessa época. Através disso, fazer com que os alunos cheguem na mesma conclusão que os cientistas da época com uma aula de caráter investigativo.</p>
<p>Professor responsável por despertar reflexões</p>	<p>[E1A/T1A/d] Só vemos uma mudança significativa nas questões ambientais, por exemplo, <u>quando tivemos professores empenhados a formarem alunos com senso crítico</u> e não apenas a aceitar qualquer teoria que venha nos livros didáticos.</p> <p>[E1A/T1A/f] Acredito que seja <u>papel do professor dar suporte para que o aluno entenda o assunto tratado em sala de aula</u> ou debate gerado não se restringe ao ambiente escolar, mas permeia toda a sua vida e tem raízes em questões sociais, políticas e ideológicas. O professor [...] deve dar <u>bagagem teórica suficiente para que o estudante possa chegar a suas próprias conclusões.</u></p>
<p>Investir na formação de professores</p>	<p>[E1B/Q1B/n] Seguindo o mesmo princípio da introdução da História da Ciência no ensino, para quebrar algumas concepções erradas sobre vários fatos marcantes na ciência que são muito frequentes, trazer para as aulas a importância da construção desse histórico dos fatos. <u>Incentivar nos futuros professores a leitura de diversos materiais para a criação do seu próprio,</u> pois assim fica mais fácil destes passarem aos alunos a importância de se conhecer bem todos os fatos para que haja um melhor entendimento de como funciona a ciência.</p> <p>[E1B/Q1B/o] Acredito que seria interessante <u>ter uma disciplina exclusiva para tratar da história da ciência,</u> onde seriam discutidos o “descobrimento” e desenvolvimento de teorias e mecanismos usados até hoje. <u>De modo que teríamos base para tratar desses assuntos posteriormente em sala de aula.</u></p> <p>[E1B/Q1B/p] <u>Inserindo na grade curricular do curso, abordando os acontecimentos históricos de maneira interdisciplinar,</u></p>

	<p><u>ajudando assim os futuros profissionais para utilizarem esse tema nas disciplinas</u>, fazendo com que seus alunos adquiram um espírito crítico e uma concepção adequada sobre a natureza das ciências.</p>
<p>Instrumento motivador</p>	<p>[E1A/Q1A/b] É necessária uma história da ciência que se mostre como um <u>instrumento motivador</u> e desafiador, fazendo com que quando fosse contada inspirasse aos ouvintes a seguir o mesmo caminho.</p> <p>[E1B/Q1B/l] Creio que o ensino de Ciências é uma ferramenta valiosa para que o <u>professor possa chamar a atenção do aluno</u> e até mesmo o inspirar através da história de diversos cientistas que fracassaram antes de chegar a um objetivo.</p>
<p>Discussões sobre a Natureza da Ciência</p>	<p>[E1A/C1A/g1] <i>Licenciando a:</i> O efeito estufa existe ou não? <i>Aluno:</i> O aquecimento global não é o quanto tem muito efeito estufa? <i>Licenciando e:</i> Quando tem muitos gases de efeito estufa na atmosfera. A gente sempre precisa <u>lembrar que a ciência não é exata, fechada em uma única descoberta.</u></p> <p>[E1A/C1A/g4] <i>Aluno aponta uma questão sobre a diferença ente camada de ozônio e efeito estufa. Licenciando a explica para aluno sobre diferenças de comprimento de onda, energias e camadas atmosféricas. Aluno se desculpa porque sua dúvida era de física. Licenciando d reforça que não precisa separar física de química e que a ciência se constrói junto.</i></p> <p>[E1A/H1A/g2] Aula 1: Seria interessante começar uma aula sobre a atmosfera terrestre partindo dos princípios de descobertas dos gases essenciais que compõe a atmosfera, além disso é preciso situar o aluno no tempo e para isso mostrar que as principais descobertas dos gases pneumáticos de deram durante o século XVIII. Dentre eles pode-se citar a descoberta do “ar fixo” por Joseph Black em 1756, ele também percebeu que o $MgCO_3$ liberava o “mesmo gás” da fermentação de cervejas. O gás hidrogênio (inflamável) foi descoberto por Henry Cavendish e o gás nitrogênio, descoberto por Henry Rutherford, em 1772. O interessante é chegar ao ponto que o brasileiro José Pinto de Azeredo que estudou medicina e teve como professor o já citado Joseph Black, ele publicou estudos sobre efeito do CO_2 sobre o sistema nervoso e <u>isso mostra o desenvolvimento de estudos em uma época onde os portugueses censuravam publicações que viessem a favorecer outra potência.</u> Aula2: <u>Mostrar experimentalmente atividades e experimentos de Azeredo a propondo novos experimentos para essas determinações.</u> Aula 3: Será discutido sobre o efeito estufa</p>

natural da terra e suas modificações com possíveis ações humanas. Haverá uma explicação, com experimentos, sobre a influência do CO₂ na temperatura do planeta e como isso pode causar significativas alterações no clima.

[E1A/H1A/g1] 1 - Levantamento prévio das concepções dos alunos referente ao tema: Mudanças climáticas e alterações atmosféricas.

2- Questão inicial: “As mudanças atmosféricas do nosso planeta são recentes? Elas são decorrentes apenas das ações humanas”

2.1 Realizar uma contextualização baseada no texto: Mudanças significativas na atmosfera desde antes da existência de vida no planeta, passando de uma atmosfera redutora (CO₂) para oxidante (O₂).

3. Questão: Por que é importante estudar e compreender como ocorrem essas mudanças? Essas mudanças afetam de alguma maneira, nós seres vivos? (Não responder, esperar a manifestação dos alunos). 3.1 A preocupação com a atmosfera, bem como as mudanças na atmosfera é recente e está relacionada apenas a questão ambiental? Esperar manifestação dos alunos 3.2 introduzir o vídeo: Mudanças climáticas (8:40) que trata do contexto histórico das mudanças climáticas com Fourier, Arrhenius, Efeito estufa (causa, o que é, dados estatísticos, etc.), aquecimento global e consequências. 3.2.2 solicitar aos alunos que escrevam o que entenderam

4. Repetir a questão: A preocupação com a atmosfera, bem como as mudanças na atmosfera é recente e está relacionada apenas a questão ambiental? 4.1. Realizar a leitura de trechos e explicações com base no texto apresentado no artigo sobre o Joseph Fourier - Pioneiro - Mudanças significativas da temperatura da Terra por conta da mudança da composição químicas da atmosfera. 4.1.1 Relacionar que muitas vezes pesquisas científicas acabam se tornando base para demais, sendo assim o conhecimento científico acaba sendo construído com a colaboração de diferentes cientistas. Como o tema da aula não foi diferente... Estudos de Fourier serviu como base para outros cientistas pesquisadores continuarem seus estudos sobre a atmosfera.

5. Citamos dois pesquisadores importantes, porém nenhum brasileiro. Questionar aos alunos: As pesquisas voltadas para os estudos atmosféricos ocorreram só nos países a fora? 5.1 Solicitar a leitura com os alunos sobre trechos do texto de José P. Azeredo.

6. Avaliação: Elaboração de um mapa conceitual levando em consideração as questões abordadas antes da apresentação do conteúdo.

7. Concluir: Estudos atmosféricos envolvem muitas áreas do conhecimento humano, sendo que muitos planos de ações têm sido realizados em todo o mundo a fim de minimizar as causas e efeitos do fenômeno.

Referência à fatos históricos	<p>[E1B/C1B/g3] <i>Licenciando n:</i> Agora gente, presta atenção aqui. Vocês já ouviram falar em pedra filosofal?</p> <p><i>Aluno:</i> Já</p> <p><i>Licenciando n:</i> O que que é a pedra filosofal faz?</p> <p><i>Aluno:</i> Ela muda o material, né?</p> <p><i>Licenciando n:</i> O que?</p> <p><i>Licenciando o:</i> Muda como? Que material?</p> <p><i>Aluno:</i> Ela muda para ouro.</p> <p><i>Licenciando n:</i> Matou! Isso mesmo! <u>Por muito tempo os alquimistas estudavam e procuravam por esta pedra filosofal e falavam que podia transformar qualquer objeto, qualquer metal, em ouro.</u> Agora a gente quer saber: vocês acham que hoje os cientistas eles conseguiram achar, desenvolver esta pedra?</p> <p><i>Aluno:</i> Ah, não.</p> <p><i>Licenciando n:</i> Não tem como transformar os objetos em ouro? [Alunos dos dois grupos discutem entre si e com licenciandos]</p> <p><i>Licenciando n:</i> A gente não vai fazer este experimento para vocês, mas a gente vai mostrar no vídeo. Então prestem atenção no vídeo.</p> <p>[E1B/C1B/g3] <i>Licenciando o:</i> <u>No Egito antigo, para vocês terem uma ideia, utilizava cosmético de chumbo...</u></p> <p><i>Aluno:</i> Nossa senhora!</p> <p><i>Licenciando o:</i> ...usava maquiagem. <u>Os faraós e tudo mais usavam esta maquiagem de chumbo. Era o metal que tinha a disposição deles e eles achavam que era bom. Em Roma, a tubulação da água era feita de chumbo. E como, por exemplo, a água ficava um pouquinho mais ácida, contaminava a cidade inteira. Por exemplo, vocês já ouviram falar que os imperadores romanos eram meios lelé da cuca, o Nero que incendiou a cidade... Os historiadores acreditam que era justamente porque a tubulação era feita de chumbo. Então, afetava a parte neurológica deles e eles causaram vários problemas. Também eles apontam que lá em Pompéia – já devem ter ouvido falar de Pompéia – e se você for visitar lá, consegue ver as tubulações de chumbo que ainda estão lá, preservadas. E mais recente ainda, mais ou menos na década de 30 – vocês já devem ter visto várias críticas da indústria de petróleo – eles naquela época para poder controlar o mercado de gasolina eles colocaram um composto de chumbo na gasolina para poder melhorar o rendimento dela. Hoje em dia, é utilizado o etanol, mas naquela época até 1970 e no Brasil até 1990, era utilizado tetraetilchumbo, que eles colocavam para melhorar o desempenho da gasolina nos motores. Isso ocasionou uma geração inteira de pessoas com problemas. Vocês já ouviram “Nossa, em tanta gente hoje com doenças, com câncer de pulmão, de problemas mentais, e tudo mais” e não paramos para pensar o que foi feito nas décadas anteriores, no século passado. Um dos problemas pode ter sido o uso de chumbo na gasolina.</u></p>
-------------------------------	---

[E1B/C1B/g4] *Licenciando k:* Esse negócio que o homem descobriu há muitos anos atrás, lá no século XVIII. O primeiro combustível foi o carvão, que queimava lenha e aí gerava energia e aí transformava em gás carbônico. Mas para gerar energia assim você precisa de muito carvão. Pensa hoje na quantidade de carros que a gente tem, então não conseguia suprir a necessidade. Aí foi evoluindo, acharam o petróleo. As vezes ele nem sempre está tão fundo, tá gente? Então eles descobriram o petróleo e começou a usar. Viu que se colocasse fogo ali ele gerava muita energia. Aí foi evoluindo. Lá na década de 70, mais ou menos, os Estados Unidos exportavam muito petróleo, ele era, bom, é até hoje, a maior potência. E aí, o que eles faziam? Exportavam para todos os países e gerava muita riqueza. Lá no Irã, Israel, descobriram fonte de petróleo: começou uma guerra. E aí o preço do petróleo subiu muito. E qual um dos motivos que a gente abastece o carro com etanol? Não é o valor financeiro? Se está muito mais caro eu vou abastecer com gasolina? Eu preciso de outra fonte. Só que não tinha naquela época. Isso lá na década de 70. Aqui no Brasil a gente fez o programa Proálcool, em 1973, mais ou menos, justamente por causa disso: porque estava muito caro você comprar o petróleo dos Estados Unidos.

Fonte: Autoria própria.

ANEXO 1: Explicação do experimento realizado pelos alunos do Grupo 2 (E1A)

Adaptado de FARIAS [s.d.].

Simulador do efeito estufa**Materiais:**

- Luminária com lâmpada incandescente
- Copo com água
- Caixa de sapato forrada com papel alumínio
- Filme plástico
- Kitassato com tampa e mangueiras
- Vinagre
- Bicarbonato de sódio
- Termômetro

Procedimento:

- Medir a temperatura da água antes de fechar o sistema
- Colocar o copo de água dentro da caixa de sapato e fechar com filme plástico
- Ligar a luminária com a luz incidindo no sistema (Figura 12).
- Aguardar dez minutos, abrir o sistema e medir a temperatura.
- Repetir o procedimento, mas com a inserção da mangueira com CO₂ para caixa.
- Aguardar dez minutos e medir novamente a temperatura da água
- Comparar as temperaturas da água fora do sistema, com o filme plástico e com o filme plástico+CO₂.

Figura 12: Imagem ilustrativa do simulador de EE



Fonte: Farias [s.d, s.p.].