

Universidade Federal de Minas Gerais

Faculdade de Educação

Monique Aline Ribeiro dos Santos

**CONHECIMENTOS DE NATUREZA DA CIÊNCIA  
MOBILIZADOS E RELACIONADOS A OUTROS  
CONHECIMENTOS POR UM FUTURO PROFESSOR DE  
QUÍMICA EM SITUAÇÕES DE ENSINO AUTÊNTICAS**

Belo Horizonte

2023

Monique Aline Ribeiro dos Santos

**CONHECIMENTOS DE NATUREZA DA CIÊNCIA  
MOBILIZADOS E RELACIONADOS A OUTROS  
CONHECIMENTOS POR UM FUTURO PROFESSOR DE  
QUÍMICA EM SITUAÇÕES DE ENSINO AUTÊNTICAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação: Conhecimento e Inclusão Social da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Educação.

**Linha de Pesquisa:** Educação e Ciências

**Orientadora:** Profa. Dra. Rosária Justi

Belo Horizonte

2023

S237c  
T

Santos, Monique Aline Ribeiro dos, 1988-

Conhecimentos de natureza da ciência mobilizados e relacionados a outros conhecimentos por um futuro professor de química em situações de ensino autênticas [manuscrito] / Monique Aline Ribeiro dos Santos. -- Belo Horizonte, 2023.

301 f. : enc, il., color.

Tese -- (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação.

Orientadora: Rosaria da Silva Justi.

Bibliografia: f. 241-249.

Anexos: f. 277-301.

Apêndices: f. 250-276.

1. Educação -- Teses. 2. Professores de química -- Formação -- Teses. 3. Professores de química -- Prática de ensino -- Teses. 4. Professores de ciências -- Formação -- Teses.

I. Título. II. Justi, Rosaria da Silva. III. Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação.

CDD- 370.71

**Catálogo da fonte: Biblioteca da FaE/UFMG (Setor de referência)**

Bibliotecário: Ivanir Fernandes Leandro CRB: MG-002576/O



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
FACULDADE DE EDUCAÇÃO  
PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO: CONHECIMENTO E INCLUSÃO SOCIAL

#### ATA DA DEFESA DE TESE DA ALUNA

#### MONIQUE ALINE RIBEIRO DOS SANTOS

Realizou-se, no dia 04 de maio de 2023, às 13:30 horas, Auditório II do Departamento de Química da UFMG, da Universidade Federal de Minas Gerais, a 926ª defesa de tese, intitulada *CONHECIMENTOS DE NATUREZA DA CIÊNCIA MOBILIZADOS E RELACIONADOS A OUTROS CONHECIMENTOS POR UM FUTURO PROFESSOR DE QUÍMICA EM SITUAÇÕES DE ENSINO AUTÊNTICAS*, apresentada por MONIQUE ALINE RIBEIRO DOS SANTOS, número de registro 2019663265, graduada no curso de QUÍMICA/NOTURNO, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em EDUCAÇÃO - CONHECIMENTO E INCLUSÃO SOCIAL, à seguinte Comissão Examinadora: Prof(a). Rosaria da Silva Justi - Orientador (UFMG), Prof(a). Cristiano Barbosa de Moura (Simon Fraser University), Prof(a). Nilmara Braga Mozzer (UFOP), Prof(a). Poliana Flávia Maia (UFV), Prof(a). Stefannie de Sá Ibraim (UFMG), Prof. Leandro Antonio de Oliveira (UFSC) e Prof. Luiz Gustavo Franco Silveira (UFMG).

A Comissão considerou a tese *aprovada*, destacando a construção de uma robusta fundamentação teórica, que se refletiu na qualidade da análise, advinda de uma sistematização de um grande volume de dados e de um desenho metodológico complexo. Além disso, a Comissão ressaltou a originalidade e a relevância do estudo para a área de pesquisa e para a formação de professores em níveis internacional e nacional, o que justifica a importância de publicações futuras.

Finalizados os trabalhos, lavrei a presente ata que, lida e aprovada, vai assinada por mim e pelos membros da Comissão.

Belo Horizonte, 04 de maio de 2023.

Prof(a). Rosaria da Silva Justi ( Doutora )

Prof(a). Cristiano Barbosa de Moura ( Doutor )

Prof(a). Nilmara Braga Mozzer ( Doutora )

Prof(a). Poliana Flávia Maia ( Doutora )

Prof(a). Stefannie de Sá Ibraim ( Doutora )

Prof(a). Leandro Antonio de Oliveira ( Doutor )

Prof(a). Luiz Gustavo Franco Silveira ( Doutor )



Documento assinado eletronicamente por **Luiz Gustavo Franco Silveira, Professor do Magistério Superior**, em 04/05/2023, às 18:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Poliana Flávia Maia, Usuária Externa**, em 04/05/2023, às 18:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Leandro Antonio de Oliveira, Usuário Externo**, em 04/05/2023, às 18:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Nilmara Braga Mozzer, Usuária Externa**, em 04/05/2023, às 18:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Stefannie de Sa Ibraim, Professora do Magistério Superior**, em 04/05/2023, às 19:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rosaria da Silva Justi, Professora do Magistério Superior**, em 04/05/2023, às 19:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Cristiano Barbosa de Moura, Usuário Externo**, em 04/05/2023, às 19:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador 2253176 e o código CRC 13A10C59.

*Dedico esta Tese às pessoas, que assim como eu, acreditam em, e buscam promover, uma educação para a cidadania global.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo milagre da vida e pelo cuidado que sempre teve com a minha.

Aos meus pais, Sebastião e Nilza, por compreenderem que o caminho que escolhi percorrer é mais longo e, ainda assim, me apoiarem.

À minha irmã e ao meu cunhado, Marina e Marco Antonio, por acreditarem em mim. Em especial, à minha irmã pelo seu companheirismo.

Ao meu irmão e à minha cunhada, Milton e Stefani, por acreditarem em mim e também por me fazerem titia mais uma vez.

À minha sobrinha Maju, por ter me apresentado uma nova forma de amar e por me lembrar, a cada sorriso largo seu, que a felicidade está nas coisas simples da vida.

À minha prima-irmã e afilhada Vivi, pelas memórias que construímos juntas e por sempre ter acreditado em mim.

Ao meu primo Josué, por ter me acolhido em Diamantina quando este longo percurso estava apenas começando, pelas longas conversas e palavras de incentivo.

À minha tia Gê, por sempre se fazer presente em todos os momentos, sejam eles bons ou ruins, por sua solicitude para com toda nossa família e por sempre ter acreditado em mim.

Ao André que foi meu melhor amigo, companheiro e parceiro ao longo de quase todo este percurso formativo, por ter me ensinado tanto sobre a vida real. Agradeço também à sua família que sempre me recebeu e tratou com muito carinho.

À minha querida orientadora e amiga Rosária, por ter pegado em minha mão na Graduação e ter me ensinado a “engatinhar”; no Mestrado e ter me ensinado a “andar”; e no Doutorado e ter me ensinado a “correr” na pesquisa. Ao final deste longo percurso formativo, espero estar pronta para “alçar voo” na pesquisa. Saiba que muito da pesquisadora que sou hoje (ainda em formação, como sempre pretendo ser), é reflexo do tempo e da atenção que você dedicou à minha formação. Agradeço-a por ter participado de minha vida e acreditado em mim, mesmo quando eu mesma deixei de acreditar, bem como pelo cuidado, carinho e apoio de sempre.

Aos integrantes do Grupo de Pesquisa REAGIR – Modelagem e Educação em Ciências, pelas trocas e por evidenciarem que nenhum de nós é tão bom quanto todos nós juntos. Agradeço,

em especial, à Nilmara, pela empatia ao compartilhar algumas de suas histórias comigo e à Laura, por ter relatado algumas de suas experiências e sensações nos últimos tempos e por um abraço apertado em um certo dia em Divinópolis.

Ao PPGE-FaE-UFMG, por favorecer um ambiente propício à minha formação tanto como pesquisadora quanto como professora do Ensino Superior (em um futuro próximo, espero). Em especial, agradeço à Joanice (da Seção de Ensino) e ao Gilson (do Setor Financeiro) pela solicitude com que sempre me trataram.

A todos os professores que tive ao longo de meu percurso formativo que contribuíram para que eu acreditasse em, e buscasse promover, uma educação para a cidadania global.

Às escolas em que trabalhei, aos colegas de profissão (em especial Ângela e Ana Paula, que se tornaram minhas amigas) e aos estudantes que tive ao longo destes anos (em especial os do COLTEC-UFMG por terem “comprado” minhas ideias), por contribuírem para minha formação tanto como pessoa quanto como professora da Educação Básica.

À Escola Estadual Domingas Maria de Almeida, uma das escolas em que trabalhei como designada/convocada (em 2015, 2016 e 2021) e onde agora leciono como efetiva. Lá, antes mesmo de me graduar, contribuí para a formação de algumas das primeiras turmas de EJA e convivi com os colegas de profissão mais humanos que tive até o momento. Dentre eles, destaco: Uzias, Daniele, Cláudia, Cida, Elaine, Sandra, Doralice, Thaís, Ângela, Mirilin e Irlaine. Agradeço também aos meus atuais estudantes, por me receberem tão bem e pelo engajamento nas atividades propostas e à Cida, secretária, pela sua disponibilidade e presteza para comigo. A todos e à todas, muito obrigada por me fazerem sentir muito bem-vinda.

À Ana Livia e Danielle, pelo companheirismo nas Quartas na Pós e nos Seminários no início do Doutorado e pela amizade.

À minha parceira no PIFD Aline, com quem tive a oportunidade de vivenciar uma formação mais inclusiva.

Ao professor e amigo Luiz Gustavo, pelo parecer emitido ao meu projeto de Doutorado expandido, bem como pelas conversas e parcerias ao longo dos últimos anos.

Às professoras responsáveis pela disciplina optativa, por terem contribuído em sua proposição, por possibilitarem sua oferta e por terem dividido comigo sua condução; e aos estudantes de Graduação que nela se matricularam, por terem se engajado ativamente nas atividades,

mesmo quando elas demandaram muito mais tempo do que o esperado, e por terem respondido todos os meus questionamentos extra.

À bolsista de Iniciação Científica Fernanda, que tive a oportunidade de orientar no desenvolvimento de um projeto diretamente relacionado à minha pesquisa, por ter me ajudado no tratamento dos dados.

Ao professor Cristiano pelas ricas discussões e contribuições no exame de Qualificação, pelas conversas e trocas nos últimos tempos e por me mostrar que existem outras possibilidades no meio acadêmico.

À professora e amiga Stefannie, pelas ricas discussões e contribuições no exame de Qualificação, bem como por sua companhia agradável, conversas e deliciosos cafés.

Aos professores Leandro e Poliana, por terem participado de meu exame de Qualificação.

Ao meu grande amigo Leandro, com quem compartilhei praticamente todo o meu percurso formativo, incluindo os percalços com que me deparei ao longo dele. Agradeço-o por fazer parte da minha vida, pela amizade e por ter enchido meu coração de alegria e esperança ao ser aprovado no concurso da UNICAMP, me mostrando que pessoas como nós podem ter lugar nesses espaços.

À adorável amiga Poliana, por ter participado não apenas de meu percurso formativo como também de minha vida, pelo carinho com que sempre me tratou e pelo seu cuidado para comigo.

À professora e amiga Roberta, por ter feito parte de meu percurso formativo em momentos importantes, pelas conversas e pelos cafés.

À minha amiga Bia, por ter tornado o caminho do Mestrado mais leve (e de quem senti muito a falta ao longo do Doutorado), pela parceria de sempre e pelas conversas e risadas. Agradeço-a por fazer parte da minha vida e pela amizade.

À minha grande amiga Iza, pela atenção, cuidado, carinho, encontros, companhia, conversas, memes e muitas risadas. Agradeço-a por fazer parte da minha vida e pela amizade.

À minha querida amiga de mais longa data Sol, que faz jus ao apelido, pois é sol na vida das pessoas ao seu entorno. Agradeço-a por fazer parte da minha vida e pela amizade.

Às minhas amigas Graci, Ariane, Laís e Lara e aos meus amigos Bira, Rodolfo, Carlos, Gu e Thauan, pela amizade e presença em diversos momentos da minha vida.

Ao Hulk, por ter sido meu “cãopanheiro” ao longo de quase todo este percurso formativo.

À minha psicoterapeuta Marília, que mais ao final deste longo percurso formativo, mas ainda a tempo, me ajudou a me conhecer melhor e enxergar o mundo e as pessoas que dele fazem parte a partir de novas lentes.

Aos professores e pesquisadores Cristiano Moura, Leandro Oliveira e Luiz Gustavo Franco, e às professoras e pesquisadoras Nilmara Mozzer, Poliana Maia e Stefannie Ibraim, por gentilmente terem aceitado participar da banca examinadora desta Tese.

À CAPES, pelo auxílio financeiro que me possibilitou dedicar tempo para o desenvolvimento desta pesquisa.

A todas as pessoas que, de alguma maneira, estiveram presentes durante este longo percurso (mesmo com minha ausência devida à falta de tempo), sonharam este sonho junto comigo e nunca deixaram de acreditar em mim, muito obrigada! De agora em diante, vou ter mais tempo para mim e para vocês...

*Uma menina, um coelho e uma história.*

*Iniciando uma aventura.*

*A queda na toca do coelho.*

*Curiosa como toda criança, Alice segue o animal até cair em um buraco.*

Lewis Carroll – Alice no País das Maravilhas

*E você, ousaria seguir o coelho branco até a sua toca?*

## RESUMO

Documentos como os da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura têm destacado a importância de se promover uma educação para a cidadania global. Nesse sentido, pesquisas e propostas publicadas na área de Educação em Ciências têm apontado que situações de ensino que favoreçam a vivência em práticas da Ciência – o chamado ensino autêntico – são promissoras visto sua contribuição para o desenvolvimento de uma visão ampla *sobre* Ciências por parte de cidadãos. Assim sendo, é essencial que futuros professores de Ciências tenham oportunidades de vivenciar situações de ensino autênticas para que possam desenvolver conhecimentos necessários para ensinar a partir de tais perspectivas. Na literatura da área à qual tivemos acesso, há poucos estudos que buscaram contribuir para o desenvolvimento e a mobilização de conhecimentos *sobre* Ciências de futuros professores e não há estudos baseados em uma visão ampla *sobre* Ciências. A partir desta lacuna, nos propusemos a investigar os conhecimentos de Natureza da Ciência mobilizados e, em alguns casos, desenvolvidos, por futuros professores de Química ao participarem de um processo formativo baseado na segunda versão do Modelo de Ciências para o Ensino de Ciências (MoCEC v.2) e que integrou teoria e prática docente. Este modelo foi utilizado como suporte no planejamento de situações de ensino autênticas vivenciadas e propostas pelos futuros professores de Química. A coleta de dados foi realizada no contexto de uma disciplina optativa cursada principalmente de maneira remota por 13 futuros professores de Química, no primeiro semestre de 2020, em uma universidade federal. Esta investigação se baseou em princípios da pesquisa qualitativa na área de Educação. Foram coletados dados oriundos de diversas fontes como registros em áudio e vídeo, artefatos produzidos pelos futuros professores, intervenções processuais (principalmente questionamentos específicos) e notas de campo produzidas pela pesquisadora a partir de suas observações. A análise foi realizada a partir das descrições e transcrições de todos os dados utilizando como ferramentas analíticas a segunda versão do Modelo de Ciências para o Ensino de Ciências e o Modelo Consensual Refinado de Conhecimentos de Professores. Os resultados foram apresentados e discutidos a partir de um estudo de caso do tipo intrínseco (descritivo) de um dos futuros professores de Química, selecionado em função de seu engajamento ao longo da disciplina. Identificamos que nosso sujeito de pesquisa manifestou 42 dos 49 aspectos de Natureza da Ciência (86%) associados às sete áreas de conhecimentos (todas as seis representadas no MoCEC v.2 e uma incluída nele durante este estudo). Ele também parece ter desenvolvido oito dos 28 aspectos (29%) mobilizados em uma atividade na qual planejou uma situação de ensino autêntica. A partir dessas manifestações, estabelecemos algumas relações, por exemplo, entre amplificadores e filtros, conhecimentos pedagógicos e de currículos; bem como apontamos possíveis transformações de conhecimentos pedagógicos de conteúdo. As conclusões derivadas de tais resultados podem ser traduzidas em contribuições tanto para o desenvolvimento de uma visão ampla *sobre* Ciências por parte de nosso sujeito de pesquisa, quanto para iluminar e desvendar possíveis caminhos pelos quais um professor pode vir a mobilizar e/ou desenvolver seus conhecimentos pedagógicos de conteúdo para o ensino de Ciências. Por fim, apresentamos implicações de diferentes naturezas (acadêmicas, para formação de professores e pessoais) desta Tese.

**Palavras-chave:** Formação Inicial de Professores. Conhecimentos de Professores. Natureza da Ciência. Educação para a Cidadania Global. Educação Científica Autêntica.

## ABSTRACT

Documents such as those published by the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization have highlighted the importance of promoting a global citizenship education. In this sense, studies and proposals published in science education have pointed out that teaching situations that support the experience of scientific practices – the so-called authentic science education – are promising, given their contribution to the development of a broader view of science by citizens. Therefore, it is essential that future science teachers have opportunities to experience authentic science education situations so that they can develop the necessary knowledge to teach from such perspectives. In the literature of the area to which we had access, there are few studies aiming at contributing to the development and mobilization of knowledge about science by future teachers and there are no studies based on a broad view about science. From this gap, we have proposed to investigate the knowledge of nature of science mobilized and, in some cases, developed, by future chemistry teachers when participating of an educational process based on the second version of the Model of Science for Science Education (MoSSE v.2) and which integrated teaching theory and practice. This model was used to support the planning of authentic science education situations both experienced and proposed by the future chemistry teachers. Data collection was carried out in the context of a subject taken mainly remotely by 13 future chemistry teachers, in the first term of 2020. This investigation was based on principles of qualitative research in education. Data from different sources were collected, such as audio and video recordings of all lessons, artifacts produced by the future teachers, ongoing interventions (mainly specific questions), and field notes produced by the researcher from her observations. The analysis was carried out from the descriptions and transcripts of the whole set of data. Both the second version of the Model of Science for Science Education and the Refined Consensus Model of Teachers' Knowledge were used as analytical tools. The results were presented and discussed based on an intrinsic (descriptive) case study of one of the future chemistry teachers, selected due to his engagement in the educational process. We identified that our research subject has manifested 42 of the 49 aspects of nature of science (86%) associated with the seven areas of knowledge (all the six areas represented in the MoSSE v.2 and one included in it during this study). It seems that he has also developed eight of the 28 aspects (29%) mobilized in an activity in which he planned an authentic science education situation. From such manifestations, we have either established some relationships, for instance, between amplifiers and filters, and pedagogical and curriculum knowledge, or pointed out possible transformations of pedagogical content knowledge. The conclusions derived from such results can be translated into contributions for both the development of a broader view of science by our research subject, and the lightening and unveiling of possible ways from which a teacher can mobilize and/or develop their pedagogical content knowledge for science teaching. Finally, we present different nature (academic, for teachers' education, and personal) implications of this thesis.

**Keywords:** Initial Teachers Education. Teachers' knowledge. Nature of Science. Global Citizenship Education. Authentic Science Education.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**AC** – Antropologia da Ciência

**An** – Atividade número n (de ordem)

**BBB** – Big Brother Brasil

**CAPES** – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

**CAva** – Conhecimentos de Avaliação

**CBC** – Currículo Básico Comum

**CC** – Comunicação da Ciência

**CCon** – Conhecimentos de Conteúdo

**CCur** – Conhecimentos de Currículo

**CEst** – Conhecimentos de Estudantes

**C&T** – Ciência & Tecnologia

**COLTEC-UFMG** – Colégio Técnico da Universidade Federal de Minas Gerais

**CPC** – Comunicação Pública da Ciência

**cPCK** – PCK coletivo

**CPed** – Conhecimentos Pedagógicos

**CsF** – Ciência sem Fronteiras

**CTS** – Ciência, Tecnologia e Sociedade

**CTSA** – Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente

**DC** – Divulgação Científica

**DNA** – Ácido desoxirribonucleico

**DQ-UFMG** – Departamento de Química da Universidade Federal de Minas Gerais

**EC** – Economia da Ciência

**EFM** – Ensino Fundamentado em Modelagem

**EJA** – Educação de Jovens e Adultos

**En** – Etapa número n (de ordem)

**Enem** – Exame Nacional do Ensino Médio

**ePCK** – PCK em ação

**ERIC** – Education Resources Information Center

**ESERA** – European Science Education Research Association

**FaE-UFMG** – Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais

**FC** – Filosofia da Ciência

**FP** – Futuro/a(s) professor/as(es)

**Gn** – Grupo número n (de ordem)

**HC** – História da Ciência

**HFSC** – História, Filosofia e Sociologia da Ciência

**IEA** – International Energy Agency

**IHPST** – International History, Philosophy, and Science Teaching Group

**MC** – Modelo Consensual

**MCPHP** – Modelo de Conhecimentos Profissionais e Habilidades do Professor

**MCR** – Modelo Consensual Refinado

**MoCEC** – Modelo de Ciências para o Ensino de Ciências

**MoCEC v.2** – Segunda versão do Modelo de Ciências para o Ensino de Ciências

**MoCEC v.3** – Terceira versão do Modelo de Ciências para a Educação em Ciências

**NARST** – National Association for Research in Science Teaching

**NdC** – Natureza da Ciência

**NOS** – Nature of Science

**ONU** – Organização das Nações Unidas

**PC** – Psicologia da Ciência

**PCK** – Pedagogical Content Knowledge (Conhecimentos Pedagógicos de Conteúdo)

**PCK&S** – Pedagogical Content Knowledge and Skill (Conhecimentos Pedagógicos e Habilidades de Conteúdo)

**PIBID** – Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência

**PIFD** – Programa de Incentivo à Formação Docente

**Pn** – Portfólio número n (de ordem)

**PPC** – Percepção Pública da Ciência

**pPCK** – PCK pessoal

**PPGE-FaE-UFMG** – Programa de Pós-graduação: Conhecimento e Inclusão Social em Educação da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais

**PQ** – Pesquisadora

**PRP** – Programa Residência Pedagógica

**P1** – Uma professora da disciplina

**P2** – Outra professora da disciplina

**QI** – Questionário Inicial

**QP** – Questão de Pesquisa

**SC** – Sociologia da Ciência

**TCC** – Trabalho de Conclusão de Curso

**TCLE** – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

**UFMG** – Universidade Federal de Minas Gerais

**UNESCO** – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

**UNICAMP** – Universidade Estadual de Campinas

**Vn** – Versão número n (de ordem)

**VNOS-C** – Views of Nature of Science, Form C

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2.1</b> – Representação do MCPHP.....	37
<b>Figura 2.2</b> – Representação do MCR.....	42
<b>Figura 2.3</b> – Science Eye: Representação visual analógica do MoCEC v.2.....	52
<b>Figura 6.1</b> – Imagem apresentada por Gael.....	151
<b>Figura 6.2</b> – Definição apresentada por Gael.....	190
<b>Figura 7.1</b> – Science Eye: Representação visual analógica do MoCEC v.3.....	232

## LISTA DE GRÁFICO

**Gráfico 7.1** – Síntese do número de aspectos associados às suas respectivas áreas que foram expressos por Gael em momentos específicos do processo formativo.....213

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 2.1</b> – Síntese da proposta feita por McComas (2020).....	49
<b>Quadro 5.1</b> – Organização da disciplina (continua).....	93
<b>Quadro 5.2</b> – Organização dos dados (continua).....	99
<b>Quadro 7.1</b> – Síntese dos aspectos associados às suas respectivas áreas que foram expressos por Gael ao longo de toda a disciplina (continua).....	207
<b>Quadro 7.2</b> – Principais aspectos que caracterizam a área Comunicação da Ciência.....	231

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	21
1.1 Contextualização da Pesquisa.....	21
1.2 Meu Percorso Formativo .....	26
1.3 Construção do Objeto de Pesquisa.....	30
1.4 Estrutura da Tese .....	31
2 APORTES TEÓRICOS E METODOLÓGICOS .....	33
2.1 Conhecimentos de Professores na Educação em Ciências.....	33
2.2 Natureza da Ciência na Educação em Ciências .....	44
2.3 Considerações sobre os Aportes Teóricos e Metodológicos Adotados nesta Pesquisa ..	62
3 REVISÃO DE LITERATURA .....	64
3.1 Panorama dos Estudos.....	64
3.2 Estudos Empíricos que Investigaram o Desenvolvimento do PCK para NdC.....	69
3.3 Estudos de Revisão e Empírico Utilizados como Fontes de Informação para o Desenvolvimento do PCK para NdC .....	75
3.4 Estudos Empíricos que Investigaram o Desenvolvimento e a Mobilização do PCK para NdC.....	78
3.5 Estudo Empírico que Investigou a Mobilização do PCK para NdC .....	88
4 QUESTÕES DE PESQUISA.....	91
5 ASPECTOS METODOLÓGICOS .....	92
5.1 Contexto e Sujeitos de Pesquisa .....	92
5.2 Coleta de Dados .....	96
5.3 Análise dos Dados .....	98
5.3.1 Organização dos dados .....	98
5.3.2 Procedimentos de análise .....	102
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	110
6.1 Questionário Inicial: Perfil do Futuro Professor.....	110
6.2 Atividade 1: Visão Inicial <i>sobre</i> Ciências .....	111
6.3 Atividade 2: Mumificação é ou não Ciência? .....	115
6.4 Atividade 3 – Modelagem: Como Funciona um Controle Remoto?.....	122

6.5 Atividade 4 – Caso Histórico: Marie Curie.....	132
6.6 Atividade 5 – Caso Contemporâneo: Rompimento da Barragem de Rejeitos B1 da Mina do Córrego do Feijão em Brumadinho/MG .....	143
6.7 Atividade 6: Visão <i>sobre</i> Ciências neste Momento.....	154
6.8 Atividade 7: Leitura do Artigo “Um Modelo de Ciências para Fundamentar a Introdução de Aspectos de Natureza da Ciência em Contextos de Ensino e para Analisar tais Contextos” .....	158
6.9 Atividade 8 – Pensando na Sala de Aula: Proposição e Justificativas de uma Atividade de Ensino.....	164
6.9.1 Características da atividade .....	164
6.9.2 Reuniões do grupo.....	165
6.9.3 Apresentações dos planejamentos .....	184
6.9.4 Reformulação do planejamento .....	198
6.9.5 Apresentação do último grupo.....	198
6.10 Atividade 9: Análise Crítica da Atividade 8 e Avaliação da Disciplina .....	201
<b>7 CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES .....</b>	<b>207</b>
7.1 Conclusões Referentes aos Conhecimentos de Natureza da Ciência Mobilizados por Gael .....	207
7.1.1 Conhecimentos de conteúdo relacionados à natureza da ciência .....	207
7.1.2 Relações entre bases de conhecimentos profissionais e natureza da ciência .....	218
7.1.2.1 Trocas de conhecimentos .....	219
7.1.2.2 Conhecimentos pedagógicos .....	220
7.1.2.3 Conhecimentos de currículo .....	223
7.1.3 Relações entre conhecimentos pedagógicos de conteúdo e natureza da ciência... ..	224
7.2 Implicações para a Educação em Ciências .....	226
7.2.1 Implicações acadêmicas .....	226
7.2.2 Implicações para a formação de professores .....	235
7.2.3 Implicações pessoais .....	238
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>241</b>
<b>APÊNDICE A – Cronograma Final da Disciplina Optativa “Ensinando Química a partir de Visões Contemporâneas: Da Teoria à Prática” .....</b>	<b>250</b>
<b>APÊNDICE B – Questionário Inicial: Perfil do Futuro Professor .....</b>	<b>254</b>

APÊNDICE C – Atividade 1: Visão Inicial <i>sobre</i> Ciências .....	256
APÊNDICE D – Atividade 2: Mumificação é ou não Ciência? .....	257
APÊNDICE E – Atividade: Portfólios.....	259
APÊNDICE F – Atividade 3 – Modelagem: Como Funciona um Controle Remoto? .....	260
APÊNDICE G – Atividade 4 – Caso Histórico: Marie Curie .....	263
APÊNDICE H – Atividade 5 – Caso Contemporâneo: Rompimento da Barragem de Rejeitos B1 da Mina do Córrego do Feijão em Brumadinho/MG .....	265
APÊNDICE I – Atividade 6: Visão <i>sobre</i> Ciências neste Momento .....	270
APÊNDICE J – Atividade 7: Leitura e Discussão sobre o Artigo “Um Modelo de Ciências para Fundamentar a Introdução de Aspectos de Natureza da Ciência em Contextos de Ensino e para Analisar tais Contextos” .....	272
APÊNDICE K – Atividade 8 – Pensando na Sala de Aula: Proposição e Justificativas de uma Atividade de Ensino.....	273
APÊNDICE L – Atividade 9: Análise Crítica da Atividade 8 e Avaliação da Disciplina .....	275
ANEXO A – Versão Final da Proposta do G2 .....	277

# 1 INTRODUÇÃO

*Quem você é, ou quem você deseja ser enquanto  
pessoa, professor e pesquisador?*

Esta pesquisa é resultado de um longo percurso formativo marcado pelos meus interesses como pessoa, professora e pesquisadora. Assim sendo, neste capítulo inicial, além de apresentarmos<sup>1</sup> uma breve contextualização da pesquisa (que será aprofundada nos dois próximos capítulos), apresentamos também algumas informações sobre tal percurso e sobre como o objeto de pesquisa foi construído ao longo dele, bem como a estrutura na qual a Tese está organizada.

## 1.1 Contextualização da Pesquisa

Nesta Tese, nos pautamos em visões amplas e contemporâneas de aprendizagem relacionadas à formação de cidadãos para atuar no século XXI. Segundo a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), “[a] cidadania global refere-se ao sentimento de pertencer a uma comunidade mais ampla e a uma humanidade comum. Ela enfatiza a interdependência e a interconexão política, econômica, social e cultural entre os níveis local, nacional e global” (2016, p. 14). Ainda de acordo com tal organização, para promover e alcançar uma educação nesta perspectiva, é essencial que ela seja baseada em três dimensões conceituais de aprendizagem, inter-relacionadas entre si:

*Dimensão cognitiva*, aquisição de conhecimentos, compreensão e pensamento crítico sobre questões globais, regionais, nacionais e locais, bem como sobre as inter-relações e a interdependência dos diferentes países e grupos populacionais;

*Dimensão socioemocional*, sentimento de pertencer a uma humanidade comum, que compartilha valores, responsabilidades, empatia, solidariedade e respeito às diferenças e à diversidade; e

*Dimensão comportamental*, atuação efetiva e responsável, em âmbito local, nacional e global, por um mundo mais pacífico e sustentável (UNESCO, 2016, p. 15).

---

<sup>1</sup> Ao longo desta Tese, com exceção de partes referentes ao meu percurso formativo, optei pelo uso da primeira pessoa do plural visto que, na maioria das vezes, a minha voz é constituída de várias vozes como a de minha orientadora, as de colegas de Grupo de Pesquisa do qual faço parte, as de colegas de áreas afins, as de professores que tive ao longo de minha formação, entre outras.

Assim sendo, tal perspectiva se mostra transformadora na medida em que possibilita o desenvolvimento de conhecimentos, valores e atitudes que cidadãos precisam ter para contribuir para um mundo mais inclusivo, justo e pacífico, bem como para enfrentar os desafios do século XXI.

Nesse contexto, em que documentos como os da UNESCO têm destacado a importância de se promover uma educação para a cidadania global, uma das propostas que tem se mostrado promissora é a da educação científica autêntica, perspectiva de educação que envolve situações de ensino que favoreçam aos cidadãos oportunidades de vivenciar práticas da Ciência (GILBERT, 2004).

Esta perspectiva de educação, conforme apontado em algumas pesquisas (por exemplo, ARCHER; DEWITT; OSBORNE; DILLON *et al.*, 2010; DRIVER; LEACH; MILLAR; SCOTT, 1996; MILLAR; OSBORNE, 1998; OLIVEIRA; SANTOS; FRANCO; JUSTI, 2020; OSBORNE; COLLINS; RATCLIFFE; MILLAR *et al.*, 2003) e propostas (como as apresentadas em FRANCO, 2021) publicadas na área de Educação em Ciências<sup>2</sup>, visa promover a alfabetização científica<sup>3</sup> e, conseqüentemente, contribuir para a formação de cidadãos críticos-reflexivos (SASSERON; CARVALHO, 2011), capazes de entender e refletir sobre o conhecimento científico (ROBERTS, 2011). Portanto, tais pesquisas e propostas têm destacado a importância de situações de ensino que possam contribuir para o desenvolvimento de uma visão ampla *sobre* Ciências<sup>4</sup> por parte de cidadãos, na medida em que favoreça o entendimento e a reflexão deles sobre os processos envolvidos na construção de conhecimentos científicos, tais como os de produção, comunicação, avaliação, revisão e validação desses conhecimentos.

A promoção de uma educação científica autêntica que favoreça aos cidadãos oportunidades de vivenciar práticas da Ciência, pode ocorrer a partir de diferentes

---

<sup>2</sup> Salientamos que optamos pelo uso do termo Ciência(s) com a letra inicial maiúscula quando ele se referir à área de conhecimento ou à disciplina escolar.

<sup>3</sup> Existe, na literatura brasileira, uma variação com relação ao termo alfabetização científica que, algumas vezes, é apresentado como letramento científico. Isto ocorre basicamente devido a variações de traduções. Entretanto, independente do termo utilizado, a preocupação de pesquisadores com a educação científica é a mesma, isto é, que ela contribua para a formação de cidadãos críticos-reflexivos.

<sup>4</sup> Nesta Tese, a expressão *sobre* Ciências é utilizada como sinônimo da expressão Natureza da Ciência e, por este motivo, optamos por destacar a palavra 'sobre' em *itálico*.

abordagens de ensino como atividades investigativas, nas quais os estudantes (independentemente do nível de ensino) podem se envolver em uma investigação que pode favorecer a construção de conhecimentos científicos e metacientíficos; discussão de casos históricos, em que os estudantes podem tomar consciência de como determinados conhecimentos científicos foram construídos; e discussão de casos contemporâneos, nas quais os estudantes podem mobilizar seus conhecimentos científicos para propor soluções para problemas que ainda se encontram em aberto na Ciência. Além disso, tais abordagens também favorecem a inserção de aspectos de Natureza da Ciência (NdC) de maneira eficaz no ensino de Ciências (ALLCHIN; ANDERSEN; NIELSEN, 2014; KHISHFE, 2022; MCCOMAS, 2020).

Nesse sentido, acreditamos que a promoção de tal perspectiva de educação visando o desenvolvimento de uma visão ampla *sobre* Ciências pode ocorrer inserindo estudantes em situações de ensino que envolvam atividades de diferentes naturezas, por exemplo, argumentativa, histórica e investigativa, assim como em atividades envolvendo diferentes contextos, por exemplo, cotidiano, científico e sociocientífico. Tal afirmativa é feita não apenas com base em meu percurso formativo, no qual tive a oportunidade de participar de tais atividades, mas também com base em resultados de pesquisas desenvolvidas na última década (como as comentadas a seguir).

Por exemplo, Chatree Faikhamta (2013)<sup>5</sup> desenvolveu uma pesquisa com 25 professores de Ciências em serviço que vivenciaram uma disciplina constituída de atividades de natureza histórica, integradas ou não a algum conteúdo científico, e elaboraram planejamentos de aulas com o objetivo de ensinar algum aspecto de NdC. Tal pesquisa evidencia que as atividades não integradas a algum conteúdo científico contribuíram para a ampliação da visão *sobre* Ciências dos professores; e que as atividades integradas a algum conteúdo científico contribuíram tanto para a ampliação da visão *sobre* Ciências deles quanto para seus entendimentos das orientações de ensino de Ciências voltadas para NdC. Isto porque, segundo o autor, ao participarem de tais atividades, os professores puderam não apenas aprender NdC como aprender a ensinar NdC, uma vez que elas podem ser adaptadas e desenvolvidas em suas próprias salas de aula.

---

<sup>5</sup> Optamos por apresentar os primeiro e último nomes de autores na primeira vez em que eles aparecem na Tese a fim de dar visibilidade, por exemplo, a seus gêneros.

No estudo desenvolvido por Oktay Bektas, Betül Ekiz, Mustafa Tuysuz, Elif Kutucu, Aysegül Tarkin e Esen Uzuntiryaki-Kondakçı (2013), sete futuros professores (FP) de Química participaram de uma disciplina prática voltada para o ensino de NdC de maneira integrada. Nela, as atividades eram integradas a alguns conteúdos científicos, sendo algumas delas inéditas e outras propostas e utilizadas por outros autores. Como resultados, os autores demonstraram que os FP desenvolveram suas visões *sobre* Ciências após a vivência de tal disciplina.

Nos artigos de Betül Demirdöğen e Esen Uzuntiryaki-Kondakçı (2016) e Betül Demirdöğen, Deborah Hanuscin, Esen Uzuntiryaki-Kondakçı e Fitnat Köseoğlu (2016), 30 FP de Química vivenciaram um curso eletivo voltado para o desenvolvimento e a mobilização de PCK<sup>6</sup> para NdC. Em tal curso, as atividades desenvolvidas eram integradas ou não a algum conteúdo científico, sendo algumas delas inéditas e outras propostas e utilizadas por outros autores. Além disso, elas eram de diferentes naturezas (investigativa, histórica e argumentativa). As autoras identificaram que a maioria das visões ingênuas e transitórias dos FP mudou para informadas após participarem do curso; e que eles incluíram no planejamento pelo menos um aspecto de NdC, aquele para o qual possuíam uma visão informada.

Valarie Akerson, Khemmawadee Pongsanon, Meredith Rogers, Ingrid Carter e Enrique Galindo (2017) investigaram seis FP de Ciências que vivenciaram uma disciplina voltada para NdC constituída de atividades integradas ou não a algum conteúdo científico. Como resultados, os autores apontam que as FP elaboraram uma sequência didática constituída de atividades de natureza investigativa e que, ao conduzi-la no estágio, elas conseguiram mobilizar seus conhecimentos de NdC e desenvolver seus PCK para NdC.

No estudo conduzido por Ümit Duruk (2020), 13 FP de Ciências vivenciaram uma disciplina constituída de atividades de diferentes naturezas (investigativa, histórica e argumentativa) integradas de maneira progressiva a alguns conteúdos científicos. Seus resultados apontam que tal disciplina contribuiu para o desenvolvimento de

---

<sup>6</sup> Sigla oriunda da expressão em inglês Pedagogical Content Knowledge. Devido à ampla utilização da sigla PCK na literatura da área, optamos por adotá-la, ao invés da sigla que remete à expressão em português Conhecimentos Pedagógicos de Conteúdo.

conhecimentos de NdC por parte dos FP. Segundo o autor, isto se deveu ao nível de integração (baixo até um nível mais alto) de NdC a conteúdos científicos.

Na pesquisa desenvolvida por Günkut Mesci, Renee Schwartz e Brandy Pleasants (2020), 11 FP de Ciências vivenciaram atividades integradas ou não a algum conteúdo científico em um programa de formação extra. Segundo os autores, embora todos os FP tenham demonstrado sucesso ao longo de tal programa, uma dupla (que já havia vivenciado em outro momento uma disciplina que abordou conhecimentos de NdC integrados a algum conteúdo científico) foi selecionada por representar o melhor exemplo de um caso de sucesso do respectivo programa. Esses dois FP não só desenvolveram todos os componentes de seus PCK para NdC de maneira integrada, como os mobilizaram com sucesso.

Em outro estudo, Günkut Mesci (2020) propiciou a 39 FP de Ciências vivenciarem uma disciplina voltada para NdC constituída de atividades integradas ou não a algum conteúdo científico. Ao final de tal disciplina, quase todos os FP apresentavam visões informadas, variando apenas na amplitude, que se refletiram nos planejamentos elaborados por eles. Além disso, segundo o autor, mesmo após um ano depois do término da referida disciplina, as visões de tais professores se mantiveram informadas.

Por fim, ao acompanharem cinco professores de Ciências em serviço, Bob Maseko e Hlologelo Khoza (2021) constataram que apesar de tais professores apresentarem visões informadas *sobre* Ciências, elas não influenciaram seus PCK em salas de aula. Nesse sentido, os autores apontam como implicações de seu estudo a necessidade de se inserir e discutir aspectos de NdC de maneira explícita na formação inicial, bem como enfatizar a importância disso nos processos de ensino e de aprendizagem. Além disso, eles destacam também a necessidade de, durante a formação, professores terem oportunidades de elaborar e conduzir planejamentos de aulas que visam introduzir aspectos de NdC de maneira explícita e integrada ao conteúdo científico a ser ensinado. Isto porque os professores investigados não mencionaram aspectos de NdC de maneira explícita em suas aulas.

Essas pesquisas mostram que desenvolver conhecimentos necessários para promover uma educação científica autêntica, que fomente a introdução de aspectos de NdC de maneira eficaz, não é uma tarefa simples para professores de Ciências. Isto porque,

enquanto estudantes, seja ao longo da Educação Básica ou de seu percurso formativo (formação inicial e continuada), eles geralmente não vivenciam situações de ensino que envolvam atividades de diferentes naturezas e contextos.

## 1.2 Meu Percorso Formativo

No último ano de Graduação em Licenciatura em Química, cursado na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), tive a oportunidade de participar de duas disciplinas optativas intituladas “Ensino de Química Fundamentado em Modelagem” e “Aspectos Históricos e de Natureza da Ciência no Ensino de Química”. Estas disciplinas me oportunizaram entender e vivenciar o processo de modelagem; conhecer, utilizar e elaborar materiais didáticos que podem favorecer a vivência do processo de modelagem; reconhecer contribuições do processo de modelagem no ensino de Química; conhecer, utilizar e elaborar materiais didáticos baseados, por exemplo, em casos históricos e/ou contemporâneos, que podem favorecer a introdução de aspectos de NdC em situações de ensino; e desenvolver uma visão ampla *sobre* Ciências, que leva em consideração contribuições de diferentes áreas para caracterizar a Ciência.

Para obtenção do título de Licenciada em Química, apresentei ao Colegiado do Curso de Graduação em Química meu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado “O Uso da História da Ciência como Estratégia para o Ensino de Química: Estudo de caso sobre a técnica de fermentação utilizada pelos antigos egípcios”, desenvolvido sob orientação da professora Dra. Rosária Justi e coorientação da professora Dra. Maria Eliza Moreira Dai de Carvalho (SANTOS, 2015; SANTOS; JUSTI; CARVALHO, 2015). Neste trabalho, após uma revisão da literatura da área, produzi um estudo de caso histórico sobre a técnica de fermentação utilizada pelos antigos egípcios; uma sequência didática na qual foram utilizados elementos do estudo de caso histórico previamente produzido, assim como outras informações para introduzir o conteúdo de Transformações Químicas para estudantes do 1º ano do Ensino Médio; e o material do professor, para que aquele que tenha interesse possa entender como pensamos e elaboramos o estudo de caso histórico e a sequência didática – elementos essenciais para que ela possa ser desenvolvida em um contexto regular de ensino.

Após ter concluído a Graduação, em 2015, comecei a participar do Grupo de Pesquisa REAGIR – Modelagem e Educação em Ciências. Nele, tive a oportunidade de aprofundar meus estudos sobre Modelos, Modelagem e Natureza da Ciência, bem como de ler sobre Analogias e Argumentação.

Nesse mesmo ano, fui aprovada em um concurso público para professora substituta no setor de Química do Colégio Técnico da Universidade Federal de Minas Gerais (COLTEC-UFMG), cargo que assumi em 2016. Enquanto professora substituta, pude desenvolver com estudantes algumas atividades de diferentes naturezas (argumentativa, histórica e investigativa) e que envolviam diferentes contextos (cotidiano, científico e sociocientífico). No que se refere à atividade de natureza histórica – que também pode ser considerada investigativa – e que envolvia um contexto científico, desenvolvi a sequência didática que propus em meu TCC para introduzir o conteúdo Transformações Químicas (SANTOS; JUSTI, 2017). Ao ensinar o conteúdo Modelos Atômicos, promovi uma atividade de natureza histórica e argumentativa e que, além do contexto científico envolvia o cotidiano, um júri simulado que teve como tema a vida pessoal e profissional de Marie Curie (SANTOS, 2018). Ambas as atividades foram pensadas, elaboradas e desenvolvidas com o objetivo de introduzir aspectos de NdC de maneira eficaz. Por fim, no que diz respeito à atividade de natureza histórica que envolvia tanto um contexto científico quanto sociocientífico, desenvolvi uma atividade baseada no filme “Estrelas Além do Tempo” com o objetivo de avaliar a *compreensão funcional*<sup>7</sup> de Ciências por parte de estudantes ao participarem de tais atividades (SANTOS; JUSTI, 2018; 2022). Nessa perspectiva, tal atividade não foi integrada apenas com relação a um conteúdo científico, mas também com relação aos objetivos de aprendizagem.

Diante disso, e em concordância com os resultados encontrados em pesquisas (por exemplo, AKERSON; PONGSANON; ROGERS; CARTER *et al.*, 2017; DEMIRDÖĞEN; HANUSCIN; UZUNTIRYAKI-KONDAKÇI; KÖSEOĞLU, 2016; DEMIRDÖĞEN; UZUNTIRYAKI-KONDAKÇI, 2016; DURUK, 2020; FAIKHAMTA, 2013; MESCI, 2020; MESCI; SCHWARTZ; PLEASANTS, 2020), entendo que ter tido a

---

<sup>7</sup> Podemos inferir que um estudante desenvolveu uma *compreensão funcional* de Ciências quando ele possui a habilidade de avaliar a confiabilidade de afirmações científicas para a tomada de decisões pessoais e sociais conscientemente (ALLCHIN, 2014).

oportunidade de participar de atividades de diferentes naturezas e que envolviam diferentes contextos em meu percurso formativo influenciou minha prática docente. Caso contrário, não teria tido inspiração e segurança para desenvolver atividades como as que desenvolvi em minha experiência como professora substituta no COLTEC-UFMG.

Ainda em 2016, participei do processo seletivo para o Mestrado no Programa de Pós-graduação: Conhecimento e Inclusão Social em Educação da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais (PPGE-FaE-UFMG). Visando me preparar para tal processo, participei de uma disciplina isolada ofertada pelo referido programa intitulada “Tendências de Pesquisa na área de Educação em Ciências”. Esta disciplina me oportunizou desenvolver uma visão ampla sobre pesquisas desenvolvidas na área; aprender a fazer buscas na literatura da área utilizando, por exemplo, a base de dados Education Resources Information Center (ERIC); e realizar revisões na literatura sobre duas temáticas: Natureza da Ciência e Modelos e Modelagem na Educação em Ciências. No âmbito desta disciplina, foi possível identificar, por exemplo, padrões ou tendências na área, controvérsias, posições ou argumentos característicos, referências-chave e, o mais importante, a aparente não existência de estudos empíricos que investigassem a relação entre Natureza da Ciência e Modelos e Modelagem na Educação em Ciências.

A partir desta lacuna e das experiências que tive a oportunidade de vivenciar ao longo de meu percurso formativo ao participar de, e desenvolver, atividades de diferentes naturezas e que envolviam diferentes contextos, me interessei em investigar a relação entre Natureza da Ciência e Modelagem na Educação em Ciências. Isto porque, ao pensar em atividades de natureza investigativa, uma abordagem de ensino que tem sido apontada como promissora é o Ensino Fundamentado em Modelagem (EFM), que ocorre a partir de situações nas quais os estudantes participam de atividades que favorecem a vivência de todas as etapas e processos cognitivos envolvidos no processo de modelagem (GILBERT; JUSTI, 2016). Assim, tal abordagem engloba uma série de outras práticas da Ciência como as relacionadas à investigação, experimentação, argumentação e visualização, podendo favorecer aos estudantes desenvolver uma visão ampla *sobre Ciências*.

A fim de investigar a relação entre os processos de ensino e de aprendizagem *sobre* Ciências a partir do EFM em diferentes contextos, neste mesmo ano, juntamente com demais integrantes do Grupo de Pesquisa REAGIR, me envolvi na elaboração de um conjunto de atividades de modelagem com a temática Plásticos, constituído de três unidades didáticas, sendo que a primeira envolvia o contexto cotidiano, a segunda o científico e a terceira o sociocientífico.

Naquele contexto, elaborei um Projeto de Pesquisa para prestar o processo seletivo para o Mestrado que, após ser desenvolvido sob orientação da professora Dra. Rosária Justi e coordenação da professora Dra. Poliana Maia, resultou na Dissertação intitulada “Compreendendo Visões de Estudantes *sobre* Ciências e suas Relações com o Ensino Fundamentado em Modelagem em Contextos Cotidiano, Científico e Sociocientífico” (SANTOS, 2019). Nesta Dissertação, após realizarmos uma revisão na literatura e extensa coleta de dados, apresentamos resultados de natureza empírica e teórica. Os resultados de natureza empírica culminaram na elaboração de um estudo de caso para apresentar dados que nos ajudaram a responder duas de nossas questões de pesquisa: “Quais aspectos de Natureza da Ciência estudantes do Ensino Médio manifestam a partir da vivência de atividades de modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico?” e “Como a participação em atividades de modelagem, nos contextos investigados, contribui para que tais estudantes manifestem uma visão ampla *sobre* Ciências? Em que extensão isso acontece?”. Os resultados de natureza teórica culminaram na ampliação do Modelo de Ciências para o Ensino de Ciências (MoCEC) proposto originalmente por Rosária Justi e Sibel Erduran (2015) e, conseqüentemente, na proposição de uma ferramenta analítica que nos ajudou a responder a terceira questão de pesquisa: “Como a segunda versão do Modelo de Ciências para o Ensino de Ciências (MoCEC v.2) pode favorecer a análise de dados coletados em contextos regulares de ensino?”.

Ainda durante o Mestrado, retomei a afirmativa sobre a importância de se inserir estudantes em situações de ensino que envolvam atividades de diferentes naturezas e contextos que havia feito com base em meu percurso formativo, no qual tive a oportunidade de vivenciar tais situações de ensino, e me questionei: será mesmo que eu estou contribuindo, enquanto pessoa, professora e pesquisadora, para promoção e alcance de uma educação científica autêntica inserindo estudantes do Ensino Médio em tais

situações de ensino? Se sim, em que extensão? Após refletir muito sobre estas perguntas, cheguei à conclusão de que sim, eu estava contribuindo. Porém, minhas ações estavam restritas apenas às turmas nas quais eu lecionava ou às turmas nas quais eu coletei os dados analisados no Mestrado.

Nesse sentido, influenciada tanto pela docência quanto pela pesquisa, mais especificamente pelas minhas experiências ao longo das duas disciplinas que acompanhei durante os Estágios de Docência, realizados ao longo do Mestrado no âmbito do curso de Licenciatura em Química da UFMG, percebi que minha contribuição poderia ser ampliada para um outro nível de ensino. Isto porque, ao promover uma educação científica autêntica que contemple não apenas estudantes do Ensino Médio, mas também estudantes da Graduação, minhas ações podem não ficar restritas apenas às turmas de estudantes do curso de Química em que eu estagiei ou coletei dados (como ocorreu no Doutorado) ou às turmas para as quais eu vier a lecionar. Dado que tais estudantes podem se tornar FP de Química, eu acredito que eles possam vir a ser multiplicadores de minhas ações. No entanto, isso depende do envolvimento deles no planejamento e na condução de situações de ensino que vão ao encontro dessa perspectiva de educação. Em linhas gerais, é essencial que FP de Química acreditem na importância de promover uma educação científica autêntica e a introduzam em seus objetivos de aprendizagem. Além disso, é fundamental que eles tenham conhecimentos necessários para promovê-la.

### 1.3 Construção do Objeto de Pesquisa

A fim de contribuir para a promoção de uma educação científica autêntica baseada em uma visão ampla *sobre* Ciências, acreditamos, ancoradas em resultados de pesquisas (como, AKERSON; PONGSANON; ROGERS; CARTER *et al.*, 2017; DEMIRDÖĞEN; HANUSCIN; UZUNTIRYAKI-KONDAKÇI; KÖSEOĞLU, 2016; DEMIRDÖĞEN; UZUNTIRYAKI-KONDAKÇI, 2016; DURUK, 2020; FAIKHAMTA, 2013; MESCI, 2020; MESCI; SCHWARTZ; PLEASANTS, 2020), que, tendo oportunidades de vivenciar situações de ensino que envolvam atividades de diferentes naturezas e contextos, FP de Química podem desenvolver conhecimentos necessários para ensinar a partir de tal perspectiva de educação.

A partir disso, propusemos uma pesquisa de Doutorado que visa contribuir para a literatura da área ao analisar a mobilização e o possível desenvolvimento de conhecimentos de FP de Química relacionados à NdC. Em linhas gerais, diante do exposto (em relação aos

poucos estudos publicados na literatura da área que versam sobre conhecimentos de professores de Ciências relacionados à NdC e da falta de estudos baseados em uma visão ampla *sobre* Ciências), nossos principais objetivos eram investigar se e como o MoCEC v.2 pode contribuir para que FP de Química desenvolvam uma visão ampla *sobre* Ciências; e mobilizem e desenvolvam conhecimentos necessários para ensinar Química a partir de aspectos de NdC.

Contudo, devido à pandemia, nosso projeto sofreu algumas alterações. Nossos objetivos gerais foram mantidos, mas foi necessário alterar a parte prática voltada para a mobilização de conhecimentos supostamente desenvolvidos por FP de Química relacionados à NdC. Originalmente, isto seria investigado em contextos regulares de ensino nos quais os FP de Química conduziriam atividades elaboradas por eles. Como o processo formativo ocorreu quase integralmente de maneira remota, tal parte prática se limitou à elaboração, apresentação, discussão e reformulação de planejamentos de aulas para o desenvolvimento de atividades de ensino, assim como a reflexões sobre todo esse processo.

#### **1.4 Estrutura da Tese**

A Tese está organizada em sete capítulos. Neste primeiro capítulo, apresentamos uma breve contextualização da pesquisa, algumas informações sobre meu percurso formativo, a construção do objeto de pesquisa e a estrutura da Tese.

Visando aprofundar tal contextualização, apresentamos e discutimos, no segundo capítulo, os principais aportes teóricos e metodológicos sobre as temáticas Conhecimentos de Professores e Natureza da Ciência, bem como os aportes teóricos e metodológicos adotados nesta pesquisa; e, no terceiro capítulo, uma revisão de estudos publicados nos últimos 14 anos (2008 a 2022) sobre as duas temáticas integradas, ou seja, sobre Conhecimentos de Professores relacionados à Natureza da Ciência.

No quarto capítulo, apresentamos nossos objetivos gerais de maneira mais detalhada, expressando-os em três questões de pesquisa.

O quinto capítulo versa sobre como a pesquisa foi desenvolvida, incluindo as justificativas para as escolhas metodológicas feitas ao longo de todo o processo.

Os focos do sexto capítulo são a apresentação e discussão de nossos resultados a partir de um estudo de caso único do tipo intrínseco (descritivo), no qual a narrativa e a análise foram apresentadas de maneira integrada e dividida por atividades.

Finalmente, as conclusões e implicações de diferentes naturezas advindas desta pesquisa são discutidas no sétimo capítulo.

Na sequência, apresentamos: as referências bibliográficas nas quais nos baseamos para desenvolver esta pesquisa; o cronograma da disciplina na qual esta pesquisa foi desenvolvida (Apêndice A); todas as atividades que a constituíram (Apêndices B a L); e a proposta para condução de uma atividade de ensino elaborada pelo grupo do qual nosso sujeito de pesquisa pertencia (Anexo A).

## 2 APORTES TEÓRICOS E METODOLÓGICOS

A partir das leituras realizadas sobre Conhecimentos de Professores e Natureza da Ciência, apresentamos e discutimos os principais aportes teóricos e metodológicos sobre estas temáticas, com destaque para os adotados nesta pesquisa.

### 2.1 Conhecimentos de Professores na Educação em Ciências

*Quem entende, ensina.*

Lee Shulman

Nas últimas décadas, tem crescido o interesse de pesquisadores da área de Educação em Ciências em investigar conhecimentos de professores. Em uma das primeiras publicações de destaque, Lee Shulman (1986) propôs e definiu três categorias de conhecimentos de professores: *conhecimento de conteúdo*, *conhecimento pedagógico de conteúdo* e *conhecimento de currículo*.

Segundo Shulman, o conhecimento de conteúdo

[...] se refere à quantidade e organização de conhecimento por si só na mente do professor.

Pensar adequadamente sobre o conhecimento de conteúdo requer ir além do conhecimento de fatos ou conceitos de uma disciplina.

Os professores não devem ser capazes apenas de definir para os estudantes as ideias aceitas em uma disciplina. Eles também devem ser capazes de explicar por que uma determinada proposição é considerada necessária, por que vale a pena conhecê-la e como ela se relaciona com outras proposições, tanto dentro quanto fora da disciplina, tanto na teoria quanto na prática (SHULMAN, 1986, p. 9, tradução nossa)<sup>8</sup>.

Portanto, sem esse conhecimento o processo de ensino não ocorre, pois um professor não pode ensinar o que não sabe (BERRY; LOUGHRAN; VAN DRIEL, 2008). Além disso, esse conhecimento influencia tanto na seleção de conteúdos que o professor ensina, ou seja, o *que* ensinar (relacionado diretamente com a categoria conhecimento de currículo), quanto na forma como ele os ensina em uma disciplina, ou seja, o *como* ensinar (relacionado diretamente com a categoria conhecimento pedagógico de conteúdo). Contudo, apenas esse conhecimento não garante que os processos de ensino e de

---

<sup>8</sup> Original em inglês.

aprendizagem contribuam para a construção de significados por parte de estudantes. Para isso, o professor precisa fazer uma transposição/tradução dos conteúdos, de maneira que eles possam ser compreendidos por estudantes conforme seus níveis de ensino. Assim, apenas o domínio desse conteúdo por parte de um professor não implica que ele saiba como tornar determinado conteúdo compreensível aos estudantes.

No que se refere ao conhecimento pedagógico de conteúdo, ele foi proposto a partir da especulação de Shulman e colaboradores (oriunda de pesquisas que ele estava desenvolvendo simultaneamente na época desta proposição) sobre a existência de um conhecimento específico do professor que contribuísse para que ele fizesse uma integração entre o conhecimento de conteúdo e o conhecimento pedagógico (SHULMAN, 2015). A partir disso, Shulman definiu o conhecimento pedagógico de conteúdo (PCK) como um conhecimento “[...] que vai além do conhecimento de conteúdo em si para a dimensão do conhecimento de conteúdo para o ensino” (SHULMAN, 1986, p. 9, tradução nossa). Nesse sentido, segundo o autor, este conhecimento inclui

[...] os conteúdos que são regularmente ensinados em uma disciplina, as formas mais eficientes de representação dessas ideias, as analogias, ilustrações, exemplos, explicações e demonstrações geralmente mais poderosas, as formas de representar e verbalizar o conteúdo que o tornam compreensível aos estudantes.

[...] um entendimento de o que torna a aprendizagem de conteúdos específicos fácil ou difícil: as concepções e concepções que os estudantes de diferentes idades e com diferentes vivências trazem consigo para a aprendizagem de conteúdos e atividades que são frequentemente ensinadas (SHULMAN, 1986, p. 9, tradução nossa).

Desse modo, o PCK envolve dois componentes: os conhecimentos sobre as representações e formas de ensinar o conteúdo que favorecem a aprendizagem; e os conhecimentos sobre as dificuldades de aprendizagem apresentadas pelos estudantes. Esses conhecimentos podem ser considerados componentes-chave para o PCK de um professor porque o ajudam a fundamentar seus pensamentos sobre o que faz determinado conteúdo de uma disciplina ser mais fácil ou difícil de ser aprendido por parte de estudantes. A partir disso, o professor pode selecionar qual a melhor maneira de ensinar tal conteúdo de modo a torná-lo mais compreensível aos estudantes.

Por fim, segundo Shulman, o conhecimento de currículo

[...] é representado por uma variedade de programas designados para o ensino de disciplinas e conteúdos específicos, em um determinado nível, uma variedade de materiais didáticos disponíveis em relação a esses programas e um conjunto de características que servem tanto como indicações quanto como contraindicações para o uso de determinados currículos ou materiais em circunstâncias particulares (SHULMAN, 1986, p. 10, tradução nossa).

Além disso, é esperado que o professor relacione o conteúdo de determinada disciplina ou atividade aos que já foram ensinados e aos que serão ensinados na mesma disciplina, assim como aos que estão sendo ensinados simultaneamente em outras disciplinas (SHULMAN, 1986).

Em 1987, Shulman elencou mais quatro categorias de conhecimentos de professores: *conhecimento pedagógico geral*, *conhecimento de estudantes e suas características*, *conhecimento de contextos educacionais* e *conhecimento de fins educacionais*. Ademais, o autor desenvolveu a definição apresentada anteriormente para o PCK. De acordo com ele, esse conhecimento

[...] representa a combinação de conteúdos e pedagogias frente a um entendimento de como tópicos particulares, problemas ou questões são organizados, representados e adaptados aos diversos interesses e habilidades de estudantes, e apresentados durante o processo de ensino (SHULMAN, 1987, p. 8, tradução nossa)<sup>9</sup>.

Salientamos que as ideias de Shulman são consideradas um marco no processo de profissionalização docente, visto que ele foi um dos primeiros a chamar a atenção para o fato de professores serem profissionais e, portanto, possuírem conhecimentos específicos de tal profissão. De acordo com o autor, professores

[...] são profissionais que, como outros profissionais, desenvolvem um corpo de entendimento tão especial e tão único que merecem ser tratados como profissionais pela sociedade que os cerca, com respeito, com autonomia e, sim, com a devida remuneração (SHULMAN, 2015, p. 11, tradução nossa)<sup>10</sup>.

Todavia, apesar de suas ideias remontarem à década de 1980, infelizmente suas reivindicações com relação à valorização de professores enquanto profissionais ainda hoje, quatro décadas depois, são legítimas e atuais. Esperamos que, pensando no contexto do Brasil, país que

---

<sup>9</sup> Original em inglês.

<sup>10</sup> Original em inglês.

manteve as escolas fechadas por mais tempo durante a pandemia, a sociedade reflita sobre a importância desse profissional e, portanto, o valorize.

As sete categorias propostas por Shulman formam o que ele denominou bases de conhecimentos de ensino. Ressaltamos que tais categorias foram propostas em um contexto, década de 1980, na qual a formação de professores nos Estados Unidos foi submetida a avaliações padronizadas, resultando em críticas tanto de pesquisadores quanto de formuladores de políticas educacionais. Naquele contexto, ele identificou e se incomodou com a ênfase atribuída ora aos conhecimentos de conteúdo ora aos conhecimentos pedagógicos. Em linhas gerais, o autor destaca que estes são conhecimentos diferentes e, portanto, independentes, isto é, eles podem ser desenvolvidos separadamente por professores se pensarmos em seus contextos de formação. Mas, o fato de serem independentes não significa que eles não sejam inter-relacionados, que não possam ser desenvolvidos simultaneamente por professores.

Como destacado anteriormente, Shulman foi o precursor das ideias relacionadas aos conhecimentos de professores e, portanto, essas ideias foram refinadas ao longo do tempo. Isso era esperado pelo próprio autor, pois, segundo ele

[...] muito, senão a maior parte, das bases de conhecimentos propostas ainda precisam ser descobertas, inventadas e refinadas. Quanto mais aprendermos sobre o processo de ensino, reconheceremos novas categorias de desempenho e entendimento que são características de bons professores e teremos que reconsiderar e redefinir outros domínios (SHULMAN, 1987, p. 11, tradução nossa).

Ao longo dos anos, pesquisas empíricas foram desenvolvidas a partir de sua proposta teórica, resultando na proposição de alguns modelos como os de Pamela Grossman (1990), Shirley Magnusson, Joseph Krajcik e Hilda Borko (1999), Soonhye Park e Steve Oliver (2008), Soonhye Park e Ying-Chih Chen (2012) e Elizabeth Mavhunga e Marissa Rollnick (2013).

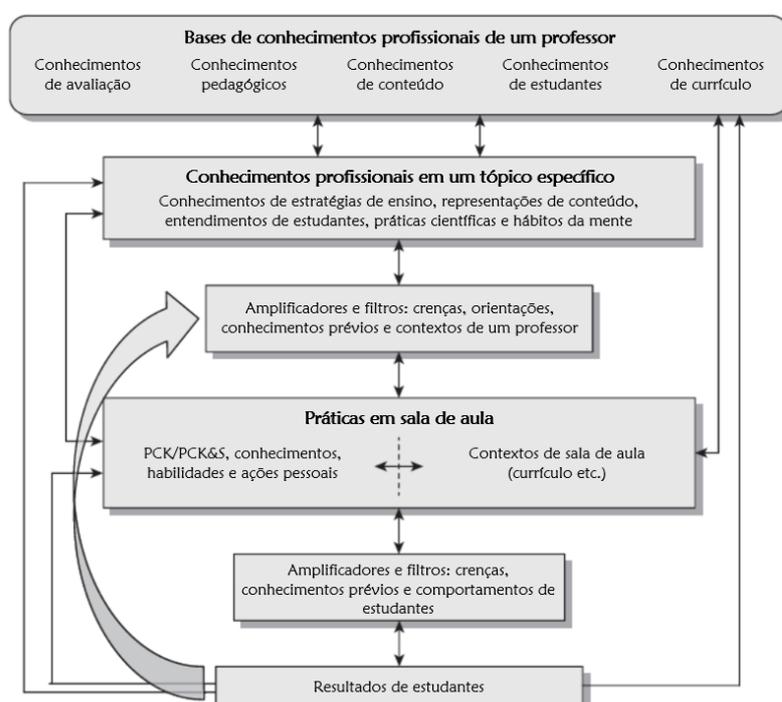
No contexto de proposição desses modelos e do desenvolvimento de pesquisas empíricas fundamentadas neles, em 2012, 22 pesquisadores de 11 grupos de pesquisa oriundos de sete países se reuniram em Colorado, Estados Unidos, durante cinco dias para o que foi denominado, alguns anos depois, 1ª Cúpula do PCK. Esta conferência visava a troca de ideias e o estabelecimento de consensos em torno do constructo PCK, o que acabou culminando

também no estabelecimento de parcerias que deram origem ao livro intitulado “Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education” editado por Amanda Berry, Patricia Friedrichsen e John Loughran em 2015.

No primeiro capítulo deste livro, Shulman apresenta quatro limitações para suas ideias iniciais a respeito do constructo PCK, sendo elas a não consideração de: dimensões afetivas e morais presentes nos processos de ensino e de aprendizagem; habilidades do professor durante o processo de ensino; contextos social e cultural que permeiam os processos de ensino e de aprendizagem; e resultados de estudantes ao longo do processo de aprendizagem (SHULMAN, 2015). Apesar de o autor ter identificado e apresentado estas quatro limitações, ele não deixou de enfatizar, assim como tinha feito anos atrás (em 1987) que, à luz de modelos propostos e pesquisas empíricas desenvolvidas até a conferência (2012), o constructo PCK ainda se encontra em desenvolvimento.

Julie Gess-Newsome, uma das pesquisadoras que participou da 1ª Cúpula do PCK, ficou responsável por apresentar, no terceiro capítulo desse mesmo livro, um modelo para PCK intitulado “Modelo de Conhecimentos Profissionais e Habilidades do Professor” (MCPHP) (Figura 2.1). Tal modelo foi proposto ao longo da conferência e desenvolvido depois, de maneira colaborativa, visando evidenciar ideias consensuais entre os participantes.

**Figura 2.1 – Representação do MCPHP**



Fonte: Traduzida de Gess-Newsome, 2015, p. 31.

Este modelo é constituído de alguns componentes como conhecimentos profissionais e habilidades de professores, incluindo PCK e influências sobre suas práticas em sala de aula e resultados de estudantes. Portanto, ele explicita o abrangente papel dos conhecimentos de professores, bem como a complexidade dos processos de ensino e de aprendizagem, favorecendo pensar sobre conhecimentos e ações de professores de uma maneira mais robusta e preditiva, se comparado aos modelos propostos anteriormente.

De modo geral, o modelo se baseia nas bases de conhecimentos profissionais de um professor que influenciam e são influenciadas pelos conhecimentos profissionais em um tópico específico. Além disso, de acordo com esse modelo, PCK passa a ser definido como as bases de conhecimentos utilizadas por um professor tanto no planejamento quanto nos processos de ensino e de aprendizagem de um tópico específico em um contexto de ensino também específico. Ademais, PCK também pode ser associado a habilidades, ideia explicitada inclusive no nome dado ao próprio modelo. Comparado aos modelos propostos anteriormente, ressaltamos que esse é o primeiro modelo que, de maneira explícita, leva em consideração o planejamento do processo de ensino.

Com relação aos demais componentes do modelo, de acordo com Gess-Newsome (2015), eles podem ser definidos da seguinte maneira:

- *Bases de conhecimentos profissionais de um professor*, incluem conhecimentos de avaliação; conhecimentos pedagógicos; conhecimentos de conteúdo; conhecimentos de estudantes; e conhecimentos de currículo, assim como outros conhecimentos que possam vir a ser incluídos ao longo do tempo a partir de resultados oriundos, por exemplo, de pesquisas empíricas. Por se tratar de bases de conhecimentos profissionais de professores, elas são genéricas e normativas, ou seja, estão relacionadas aos conhecimentos da disciplina que determinado professor leciona.
- *Conhecimentos profissionais em um tópico específico*, incluem conhecimentos sobre estratégias de ensino efetivas; múltiplas representações de conteúdo; exemplos específicos que permitam destacar e construir ideias abrangentes; entendimentos de estudantes ou suas concepções alternativas; e integração entre práticas científicas e de engenharia, conceitos transversais e aspectos de NdC, todos relacionados ao tópico a ser ensinado. Por se tratar de conhecimentos profissionais em um tópico específico

(por exemplo, Transformações Químicas), eles também são específicos para um nível de ensino (por exemplo, 1º ano do Ensino Médio).

A autora ressalta que esses conhecimentos são de domínio público, validados pela comunidade científica, e relativamente estáticos, diferentemente do PCK que é um conhecimento de domínio privado, apresentado por determinado professor, e relativamente dinâmico.

- *Amplificadores e filtros relacionados ao professor*, incluem suas crenças; suas orientações para o processo de ensino; seus conhecimentos prévios; e o contexto de ensino.

A autora destaca que a realocação das orientações para o processo de ensino para os amplificadores e filtros é uma contribuição desse modelo. Portanto, elas deixam de ser compreendidas como uma lista de orientações (como apresentado no modelo de Magnusson, Krajcik e Borko (1999)) e passam a ser compreendidas como um conjunto de orientações inter-relacionadas de um professor.

- *Práticas em sala de aula*, incluem conhecimentos, habilidades e ações pessoais de um professor, isto é, seus PCK e PCK&S<sup>11</sup>. O PCK pessoal envolve seus conhecimentos relacionados ao planejamento de ensino de um tópico específico, de uma maneira singular, com um objetivo de ensino particular, para determinados estudantes, a fim de favorecer a aprendizagem de tal tópico por parte deles, isto é, depende do contexto. Esse tipo de PCK está relacionado à *reflexão sobre a ação* sendo, portanto, um conhecimento pessoal (e não público como proposto em modelos anteriores). Além disso, por ser explícito, ele pode ser investigado. O PCK&S pessoal envolve conhecimentos, habilidades e ações de um professor envolvido no ato de efetivamente ensinar um tópico específico, de uma maneira singular, com um objetivo de ensino particular, para determinados estudantes, a fim de favorecer a aprendizagem de tal tópico por parte deles. Este tipo de conhecimento está

---

<sup>11</sup> Sigla oriunda da expressão em inglês Pedagogical Content Knowledge and Skill. Devido à ampla utilização da sigla PCK&S na literatura da área, optamos por adotá-la, ao invés da sigla que remete à expressão em português Conhecimentos e Habilidades Pedagógicos de Conteúdo.

relacionado à *reflexão na ação* e, por vezes, é tácito, ou seja, não formalmente manifestado, o que dificulta a sua investigação.

- *Amplificadores e filtros relacionados aos estudantes*, incluem status socioeconômico; envolvimento dos pais; expectativas dos pais e da comunidade; motivações e comportamentos de estudantes; dados demográficos (idade, sexo, raça, etnia e idioma); inteligência e memória de trabalho; conhecimentos prévios e concepções alternativas; autorregulação, habilidade de prestar atenção e persistência; autoconhecimento e orientação para objetivos; saúde, nutrição e nível de atividade física; e frequência escolar. Todos esses amplificadores e filtros influenciam na aprendizagem de estudantes e explicam porque a relação entre ensino e aprendizagem não é direta visto que um estudante, diferentemente de um professor, pode “escolher” ou não se engajar no processo de aprendizagem.
- *Resultados de estudantes*, possibilitam grandes oportunidades de aprendizagem para o professor e, além disso, podem contribuir para o desenvolvimento de seus conhecimentos, habilidades e ações, bem como de seus amplificadores e filtros. Ademais, tais resultados também podem contribuir para o desenvolvimento dos amplificadores e filtros relacionados aos estudantes.

Dessarte, é possível perceber que esse modelo contemplou as quatro limitações apontadas anteriormente por Shulman (2015), uma vez que considera as dimensões afetivas e morais tanto de professores quanto de estudantes participantes dos processos de ensino e de aprendizagem ao propor os componentes amplificadores e filtros relacionados a professores e estudantes; as habilidades de um professor durante o processo de ensino ao destacar o componente práticas em sala de aula; os contextos social e cultural que permeiam os processos de ensino e de aprendizagem ao introduzir o componente amplificadores e filtros relacionados a estudantes; e os resultados de estudantes ao longo do processo de aprendizagem ao também dar destaque a tal componente.

Quatro anos depois, em 2016, 24 pesquisadores se reuniram em Leiden, Holanda, para a 2ª Cúpula do PCK, sendo que muitos deles também haviam participado da 1ª Cúpula. Esta conferência também visava a troca de ideias, porém, voltada para os processos de coleta e análise de dados de pesquisas sobre conhecimentos de professores. Ademais, ela também aspirava, com base em resultados de pesquisas empíricas desenvolvidas desde a outra conferência, a avaliação de consensos em torno do constructo PCK e do modelo proposto na

primeira conferência. Como anteriormente, foram estabelecidas novas parcerias e foi produzido um livro intitulado “Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers’ Knowledge for Teaching Science” editado por Anne Hume, Rebecca Cooper e Andreas Borowski em 2019.

No primeiro capítulo deste livro, Kennedy Chan e Anne Hume apresentam uma revisão de literatura sobre as metodologias utilizadas para investigar PCK de professores na qual 99 artigos publicados de 2008 a 2017 foram analisados. Para isso, eles identificam o contexto em que cada pesquisa foi desenvolvida; seus objetivos principais; a definição de PCK adotada; as fontes de dados utilizadas; e as abordagens declaradas ou utilizadas para caracterizar os PCK de professores.

A partir disso, Chan e Hume (2019) elucidam que muitos pesquisadores (mais de 200) estão definindo, utilizando e, conseqüentemente, investigando PCK de maneiras diferentes. Diante disso, os autores sugerem aos pesquisadores da área que explicitem a definição de PCK adotada, as fontes de dados e as abordagens declaradas ou utilizadas para caracterizar PCK de professores em suas pesquisas futuras. Eles também sugerem aos pesquisadores que explicitem os domínios do PCK (cPCK, pPCK e ePCK – apresentados mais adiante), bem como as fases (como pré-ativa – planejamento, ativa – ensino e pós-ativa – reflexão) do processo de ensino que estão sendo investigadas. Finalmente, os autores apontam lacunas nos estudos empíricos conduzidos até aquele momento (dezembro de 2017), como a não existência de pesquisas comparativas e longitudinais, assim como a falta de instrumentos validados que possibilitam o desenvolvimento de pesquisas em larga escala.

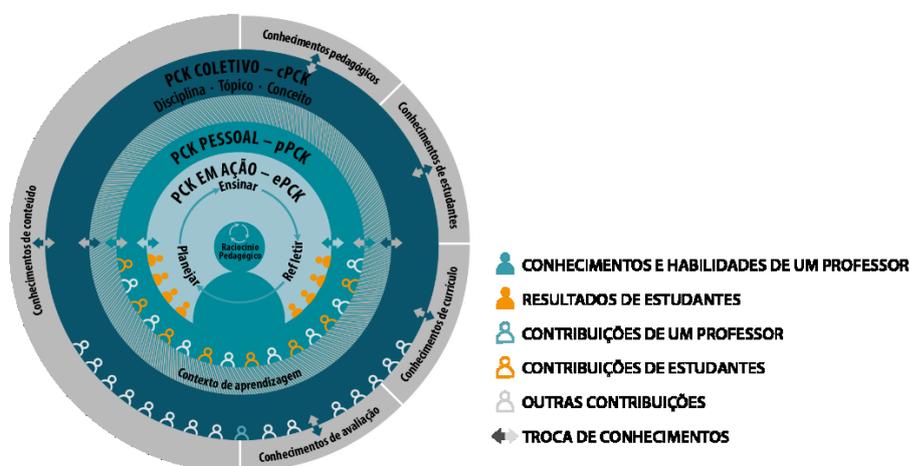
Na 2ª Cúpula do PCK, o Modelo Consensual (MC)<sup>12</sup> oriundo da 1ª Cúpula foi revisado. Segundo pesquisadores participantes desta nova conferência, o componente PCK havia sido subespecificado em tal modelo, isto é, ele não havia sido descompactado, o que comprometeu os resultados das pesquisas empíricas (como bem apresentado por Chan e Hume (2019) na revisão sistemática de literatura apresentada no capítulo inicial do livro). Diante disso, Janet Carlson e Kirsten Daehler ficaram responsáveis por apresentar, no segundo capítulo do livro, um novo MC para PCK, agora pautado em dados oriundos de pesquisas

---

<sup>12</sup> Como depois ficou conhecido o MCPHP.

empíricas. Ele foi intitulado “Modelo Consensual Refinado” (MCR) (Figura 2.2), tendo sido revisto durante e após a conferência<sup>13</sup> de maneira colaborativa.

Figura 2.2 – Representação do MCR



Fonte: Traduzida de Carlson e Daehler, 2019, p. 83.

De modo geral, esse modelo é constituído de círculos concêntricos que representam as complexas camadas de conhecimentos (por exemplo, o círculo mais externo é constituído por conhecimentos de conteúdo, conhecimentos pedagógicos, conhecimentos de estudantes, conhecimentos de currículo e conhecimentos de avaliação – que constituem as bases de conhecimentos profissionais) e experiências (por exemplo, decorrentes de vivências em contextos de ensino distintos) que exercem influências nas, e sofrem influências das, práticas de professores, e perpassam os resultados de estudantes. Além disso, a partir desses círculos é possível não apenas destacar os domínios do PCK (cPCK, pPCK e ePCK) como também representar melhor a complexidade dos relacionamentos entre eles e a dinamicidade do constructo. Assim, o componente PCK foi descompactado.

Segundo Carlson e Daehler (2019), alguns<sup>14</sup> dos componentes mais importantes do modelo podem ser definidos da seguinte maneira:

<sup>13</sup> Ressaltamos que esta revisão apenas começou na 2ª Cúpula do PCK, tendo prosseguido em discussões ocorridas nas edições de 2017 das conferências promovidas pela National Association for Research in Science Teaching (NARST) e pela European Science Education Research Association (ESERA).

<sup>14</sup> Nem todos os componentes foram definidos pelas autoras ou apresentados nesta parte da Tese por terem sido definidos no modelo anterior (e em outros), como as bases de conhecimentos profissionais.

- *PCK em ação* (ePCK), é o PCK relacionado ao ato de ensinar (nas fases de planejamento, ensino e reflexão), que engloba conhecimentos e habilidades específicos utilizados por um professor específico em um contexto específico para alcançar resultados específicos.
- *PCK pessoal* (pPCK), é o PCK relacionado ao percurso formativo, que engloba os conhecimentos e as experiências de um professor específico.
- *PCK coletivo* (cPCK), é o PCK também relacionado ao percurso formativo, mas que engloba os conhecimentos (sobre disciplina, tópico e conceito)<sup>15</sup>, considerados gerais<sup>16</sup>, compartilhados por comunidades científica e/ou escolar das quais um professor faz parte.

À medida que os pesquisadores participantes dessa conferência foram detalhando suas visões sobre PCK, eles estabeleceram uma espécie de continuum do PCK. Segundo eles, o PCK mais interno (ePCK) é mais privado e, portanto, mais difícil de ser investigado; o PCK intermediário (pPCK) possui elementos privados e públicos; e o PCK mais externo (cPCK) é mais público, sendo mais fácil de ser investigado. Com relação às trocas de conhecimentos, representadas pelas setas duplas que ligam os círculos concêntricos, Carlson e Daehler (2019) explicam que é nessas trocas que ocorrem os processos de amplificar e/ou filtrar elementos relacionados tanto aos conhecimentos quanto às experiências de ensino e de aprendizagem.

Por fim, as autoras destacam que, apesar de não se tratar de “um modelo perfeito ou mesmo um modelo verdadeiramente consensual” (CARLSON; DAEHLER, 2019, p. 91, tradução nossa)<sup>17</sup>, ele se diferencia do anterior (e dos demais) justamente por descompactar o PCK, o que possibilita o desenvolvimento de estudos empíricos em domínios específicos (ePCK, pPCK e cPCK). Além disso, elas enfatizam que, a partir do MCR é possível pensar no percurso formativo de um professor desde a sua formação inicial até a prática considerando as bases de conhecimentos e os sujeitos envolvidos nos processos de ensino e de

---

<sup>15</sup> As autoras esclarecem que, apesar desta notação aparecer apenas neste domínio, ela se aplica aos demais. Contudo, por questões de legibilidade e limitação de espaço, ela foi omitida nos outros círculos.

<sup>16</sup> As autoras explicam que esse é o motivo para este domínio ter sido representado após a camada contexto de aprendizagem, ou seja, por mais que tais conhecimentos sejam gerais, eles influenciam o contexto e são por ele influenciados (o que tem a ver com os processos de amplificar e/ou filtrar elementos).

<sup>17</sup> Original em inglês.

aprendizagem, assim como as experiências vivenciadas por ele, sejam elas como estudante ou professor, para o desenvolvimento e a mobilização de seu PCK. Em relação a este aspecto, apesar de termos apresentado a definição de alguns dos componentes desse novo modelo de dentro para fora, assim como Carlson e Daehler (2019) fizeram, chamamos a atenção para o fato de o percurso formativo de um professor ser pensado de fora para dentro. Isto porque na formação inicial, os conhecimentos são frequentemente organizados a partir das bases. Talvez as autoras tenham apresentado dessa forma pensando no PCK como orientador do conhecimento para a formação de professores, o que vai ao encontro da ideia original do constructo. Contudo, se pensarmos na formação continuada de professores, faz mais sentido utilizarmos o modelo de dentro para fora, visto que neste contexto as experiências dos professores serão valorizadas visando ampliar seus conhecimentos a partir de negociações de significados com relação às bases.

Nesta pesquisa, os dados foram coletados ao longo de um processo formativo que integrou teoria (a partir da vivência de situações de ensino autênticas) e prática docente (a partir do planejamento de uma situação de ensino autêntica). Por isso, optamos por adotar esse último modelo como aporte teórico e metodológico para a temática Conhecimentos de Professores uma vez que, a partir dele é possível identificar, apresentar e discutir a mobilização e o desenvolvimento do constructo PCK em seus diferentes domínios (cPCK, pPCK e ePCK), bem como a influência que ele sofre dos demais componentes do modelo e, simultaneamente, exerce sobre eles. Em linhas gerais, esperamos ser possível elucidar a complexidade de tais influências e, conseqüentemente, do processo de ensino, pensando no contexto de formação de professores.

## 2.2 Natureza da Ciência na Educação em Ciências

*[...] nada na Ciência faz sentido, exceto à luz da  
Natureza da Ciência.*

William McComas e Michael Clough

Nos últimos anos, tem crescido o interesse de educadores e pesquisadores da área em introduzir conhecimentos de NdC no ensino de Ciências. Nesse cenário, a associação “International History, Philosophy, and Science Teaching Group (IHPST)” e seu periódico “Science & Education” têm contribuído significativamente ao promover

conferências regulares nas quais tais sujeitos podem encontrar seus pares para compartilhar resultados de pesquisas e discutir ideias referentes à temática.

Ao acompanharmos o desenvolvimento da temática, registrado no livro “The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies”, editado por William McComas em 1998, percebemos que inicialmente o foco de atenção de educadores e pesquisadores era voltado para *o porquê* introduzir conhecimentos de NdC no ensino de Ciências. Nessa perspectiva, Rosalind Driver, John Leach, Robin Millar e Phil Scott (1996) não apenas haviam reconhecido a importância de introduzir conhecimentos de NdC no ensino de Ciências, mas também apresentaram cinco benefícios que a aprendizagem de tais conhecimentos pode acarretar: entendimento dos processos da Ciência; tomadas de decisões<sup>18</sup> informadas sobre questões sociocientíficas; apreciação da Ciência como um elemento essencial da cultura contemporânea; consciência das normas da comunidade científica; e aprendizagem do conteúdo científico com mais profundidade.

Após o estabelecimento de consenso entre pesquisadores sobre a importância e os benefícios de introduzir conhecimentos de NdC no ensino de Ciências, o foco de atenção deles se voltou para *o que* introduzir, isto é, para a identificação e caracterização de quais aspectos de NdC devem ser introduzidos no ensino de Ciências. Isto porque, como mencionado no tópico anterior, o conhecimento de conteúdo é essencial para a ocorrência do processo de ensino.

Embora não tenha sido estabelecido um consenso entre educadores e pesquisadores sobre quais aspectos de NdC deveriam ser introduzidos no ensino de Ciências, eles decidiram avançar no desenvolvimento da temática e voltar seus olhares para *como* introduzi-los, ou seja, para aspectos operacionais relacionados a etapas a serem seguidas para elaboração e condução de atividades voltadas para este fim. O livro “Nature of Science in Science Instruction: Rationales and Strategies”, também editado por William McComas em 2020, é reflexo disso. Nele, o editor explicita seu incômodo com relação ao tempo destinado à busca de um consenso que não aconteceu e que acabou

---

<sup>18</sup> Esta é uma visão geral dos membros da comunidade de Educação em Ciências, da qual discordamos parcialmente. A nosso ver, nem sempre será possível ou necessário que um estudante tome uma decisão. Em, Beatriz Almeida, Monique Santos e Rosária Justi (2022), apresentamos uma discussão aprofundada sobre essa questão.

postergando a introdução de aspectos de NdC de maneira eficaz no ensino de Ciências<sup>19</sup>. Em um primeiro momento, comparando o título deste livro com o anterior, eles nos parecem idênticos. Porém, houve duas mudanças sutis, mas importantes: o artigo definido que precedia a expressão Natureza da Ciência foi retirado, o que vai ao encontro de um entendimento mais amplo sobre ela; e a palavra educação foi substituída por instrução, caracterizando o foco mais específico na sala de aula.

No que se refere a *o que* introduzir, isto é, quais aspectos de NdC introduzir no ensino de Ciências, Norman Lederman e colaboradores propõem uma lista de sete princípios a serem ensinados aos estudantes, tais como: (i) conhecimentos científicos são provisórios; (ii) conhecimentos científicos têm caráter empírico; (iii) conhecimentos científicos são norteados por teorias; (iv) conhecimentos científicos são produtos da criatividade e imaginação humanas; (v) conhecimentos científicos são influenciados pelos contextos cultural e social; (vi) existem diferenças entre observação e inferência; e (vii) existem diferenças entre leis e teorias científicas (LEDERMAN, 2006; LEDERMAN; ABD-EL-KHALICK; BELL; SCHWARTZ, 2002).

Vários estudos empíricos foram realizados nesta perspectiva tendo como objetivo, principalmente, caracterizar a visão de estudantes e professores *sobre* Ciências, assim como propor e validar instrumentos para realizar tais caracterizações<sup>20</sup> (DENG; CHEN; TSAI; CHAI, 2011). A publicação de tais estudos (visto que se trata de um artigo de revisão) resultou em uma ampla divulgação de tal proposta, como evidenciado pelo grande número de publicações que utilizam a lista de princípios como aporte teórico (por exemplo, BAYIR; CAKICI; ERTAS, 2014; CAKICI; BAYIR, 2012; LEDERMAN; ABD-EL-KHALICK; BELL; SCHWARTZ, 2002). Assim, por ser predominante na literatura da área por pelo menos duas décadas, tal proposta ficou conhecida como Visão Consensual de NdC (ERDURAN; DAGHER; MCDONALD, 2019).

---

<sup>19</sup> A impressão que temos é a de que ele quer fechar um debate que se abriu bastante e que ficou incomodado com a proposição de novos modelos para além daqueles do tipo lista (apresentados mais adiante).

<sup>20</sup> Esses instrumentos são, muitas vezes, questionários envolvendo escala Likert, que recebem muitas críticas por não favorecerem uma explicitação clara e/ou fidedigna das ideias dos respondentes.

Entretanto, nos últimos anos, pesquisadores (por exemplo, ALLCHIN, 2011; 2013; 2017; ERDURAN; DAGHER, 2014; IRZIK; NOLA, 2011; 2014; JUSTI; ERDURAN, 2015; MARTINS, 2015; MATTHEWS, 2012; NIELSEN, 2013; OSBORNE; COLLINS; RATCLIFFE; MILLAR *et al.*, 2003; WEINSTEIN, 2008; WONG; HODSON, 2010) têm criticado tal proposta. Alguns deles (por exemplo, ALLCHIN, 2011; 2013; 2017; ERDURAN; DAGHER, 2014; IRZIK; NOLA, 2011; 2014; 2022) além de criticá-la, têm feito propostas alternativas à lista de princípios ou, ainda, de complementaridade a ela.

Por exemplo, Douglas Allchin argumenta que os princípios são apresentados de maneira *declarativa* (ALLCHIN, 2011), o que não contribui para uma *compreensão funcional* de Ciências por parte de estudantes (ALLCHIN, 2014). Nesse sentido, o autor propõe uma abordagem alternativa baseada na ideia de Ciência Integral, sintetizada no perfil de Dimensões de Confiabilidade da Ciência. De acordo com ele, a denominação Ciência Integral deve ser compreendida como um modo de ver a Ciência de maneira holística. Assim, em vez de apresentar uma lista de princípios para estudantes, seria mais adequado apresentar, de maneira contextualizada e explícita, um perfil de dimensões que é constituído de categorias epistêmicas funcionais relacionadas a: (i) observações; (ii) métodos de investigação; (iii) instrumentação; (iv) padrões de raciocínio; (v) dimensões históricas; (vi) dimensões humanas; (vii) interações entre cientistas; (viii) dimensões socioculturais; (ix) economia e/ou financiamento; e (x) comunicação (ALLCHIN, 2011; 2013; 2017).

Em outra perspectiva, Gürol Irzik e Robert Nola (2011; 2014) afirmam que os princípios da lista podem favorecer a visão de que Ciência se restringe apenas a eles. Por isso, os autores propõem uma abordagem alternativa à qual denominam Semelhança de Família. Irzik e Nola (2011) consideram a ideia de Wittgenstein de que “os membros de uma família podem se assemelhar uns aos outros em alguns aspectos, mas não em outros” (p. 594)<sup>21</sup> e, por analogia, propõem que cada uma das disciplinas científicas teria características semelhantes e diferentes em relação às outras. A partir disso, eles afirmam que não devemos definir Ciência identificando suas características universais, mas sim identificando características semelhantes e diferentes de cada uma de suas áreas. Isto pode ser feito considerando quatro categorias relacionadas à Ciência

---

<sup>21</sup> Original em inglês.

que a caracterizam como um sistema cognitivo-epistêmico: (i) atividades; (ii) objetivos e valores; (iii) metodologias e regras metodológicas; e (iv) produtos. Três anos depois, Irzik e Nola (2014) ampliaram a abordagem alternativa incluindo mais quatro categorias que contribuem para a caracterização da Ciência como um sistema socioinstitucional: (v) atividades profissionais; (vi) ética científica; (vii) certificação social e disseminação de conhecimentos científicos; e (viii) valores sociais.

Segundo Sibel Erduran e Zoubeida Dagher (2014), os princípios da lista de Lederman e colaboradores podem não favorecer o entendimento de professores por apresentar ideias complexas oriundas da Filosofia de maneira abstrata (por exemplo, os significados e as distinções entre os vários elementos mencionados). Considerando especificamente o público-alvo professores, as autoras ampliaram a abordagem alternativa proposta por Irzik e Nola (2011; 2014) incluindo mais três categorias: (ix) sistemas financeiros; (x) estruturas de poder político; e (xi) organizações e interações sociais<sup>22</sup>, no sistema socioinstitucional. Além disso, elas propõem um conjunto de representações visuais denominadas Imagens Geradoras da Ciência, a fim de facilitar a comunicação e, conseqüentemente, o entendimento das ideias oriundas da Filosofia por parte de professores.

Uma década depois de proporem a abordagem Semelhança de Família, Irzik e Nola (2022) revisitaram os fundamentos dessa abordagem (a distinção entre Ciência como um sistema cognitivo-epistêmico e um sistema socioinstitucional, as categorias constituintes de cada sistema e as diferentes disciplinas científicas que apresentam o caráter de semelhança de família) e apresentaram algumas novas ideias de natureza teórica. Segundo os autores, ao fazerem isso foi possível revelar que tais fundamentos fornecem tanto uma definição específica quanto geral de NdC. Além disso, visando expandir a estrutura da Ciência como um sistema socioinstitucional, eles adicionaram uma nova categoria: (xii) estruturas de recompensas, bem como justificaram tal proposição. Ainda neste artigo, eles mostraram que dois dos elementos mais comuns da categoria (i), observação e experimentação, apresentam o caráter de semelhança de família. Por fim, eles discutiram a possibilidade de uma aproximação entre as

---

<sup>22</sup> Na versão ampliada da abordagem Semelhança de Família, as categorias (i) e (iv) passam a ser denominadas práticas e conhecimentos, respectivamente.

abordagens Visão Consensual e Semelhança de Família, no sentido de complementaridade – em que a primeira pode ser utilizada para introduzir aspectos de NdC no ensino de Ciências e a última para aprofundar tal introdução.

Apesar de tais críticas e propostas alternativas feitas à lista de princípios, como mencionado anteriormente, não foi estabelecido um consenso entre educadores e pesquisadores sobre quais aspectos de NdC introduzir no ensino de Ciências. Em uma tentativa, William McComas (2020) apresentou uma proposta de nove aspectos-chave de NdC a serem ensinados aos estudantes que reflete as ideias expressas em outras propostas alternativas, mas se diferencia delas por agrupar tais aspectos em três domínios amplos (Quadro 2.1):

**Quadro 2.1** – Síntese da proposta feita por McComas (2020)

Domínios	Aspectos-chave
Ferramentas e Produtos da Ciência	Evidências na prática da Ciência.
	Leis e teorias são igualmente importantes, mas são tipos de conhecimentos distintos.
	Existem muitos métodos compartilhados na Ciência, mas nenhum método “científico” único passo a passo.
Elementos Humanos na Ciência	Criatividade desempenha um papel significativo na Ciência.
	Ciência envolve alguma subjetividade.
	Existem impactos socioculturais na Ciência e vice-versa.
Ciência e suas Limitações	Ciência é limitada em sua capacidade de responder a todas as perguntas.
	Conhecimentos científicos são provisórios, podendo se modificar, mas tendem a ser duradouros.
	Ciência e Engenharia/Tecnologia estão relacionadas, mas são distintas.

Fonte: Autora, 2023.

Ademais, o autor desafia aqueles que discordam de listas de princípios ou de aspectos-chave a propor outras maneiras de apresentar os objetivos de aprendizagem *sobre* Ciências e outras definições mais adequadas que possibilitem a introdução de aspectos de NdC de maneira eficaz no ensino de Ciências.

Com relação *a como* introduzir, ou seja, aos aspectos operacionais relacionados a etapas a serem seguidas para elaboração e condução de atividades que

visam introduzir aspectos de NdC no ensino de Ciências, é consensual na área que isto ocorra de maneira explícita. Por exemplo, Lederman e colaboradores (2002; 2006) recomendam a abordagem explícita e reflexiva. Allchin (2011; 2013; 2017) sugere que além de explícita e reflexiva, a abordagem também seja contextualizada. Em um de seus livros, Allchin (2013) apresenta uma coleção de estudos de casos históricos e contemporâneos com a identificação de categorias epistêmicas funcionais que podem emergir deles, configurando uma proposta concreta de introdução de aspectos de NdC no ensino de Ciências. Erduran e Dagher (2014) concordam com a abordagem indicada pelos autores mencionados anteriormente, o que as motivou a ampliar a proposta de Irzik e Nola (2011; 2014) visando torná-la aplicável no contexto de ensino de Ciências. McComas (2020), por sua vez, enfatiza a importância de a abordagem de aspectos de NdC também ser integrada à de conteúdos científicos. No entanto, o autor explicita que não existe uma única abordagem, e que o livro mais recente editado por ele reflete isso ao apresentar diferentes possibilidades (como o uso de episódios históricos, questões sociocientíficas, argumentação e atividades investigativas).

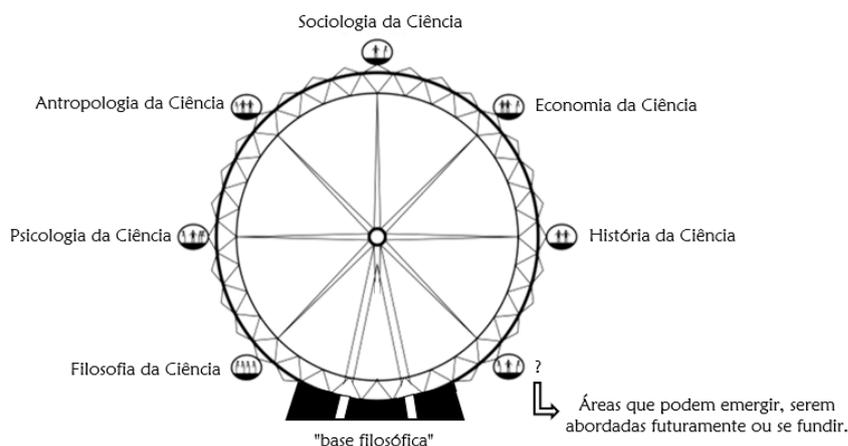
Em virtude da falta de consenso entre educadores e pesquisadores sobre *o que* introduzir e da necessidade de outras abordagens alternativas que caracterizem detalhada e didaticamente o significado de cada aspecto de NdC, Monique Santos, Poliana Maia e Rosária Justi (2020) ampliam a abordagem alternativa proposta inicialmente por Rosária Justi e Sibel Erduran (2015), à qual denominam segunda versão do Modelo de Ciências para o Ensino de Ciências (MoCEC v.2). Isto porque, segundo as autoras, para que a introdução de aspectos de NdC no ensino de Ciências ocorra de maneira eficaz (ou seja, de maneira a favorecer uma aprendizagem mais ampla), é fundamental que professores de diferentes níveis de ensino tenham acesso a tais aspectos e os entendam. A ampliação feita por elas também se baseia em duas premissas definidas originalmente por Justi e Erduran (2015): a Ciência é uma complexa atividade cognitiva, epistêmica e social, que pode e tem sido caracterizada a partir de uma série de perspectivas disciplinares; e os argumentos *sobre* Ciências devem se basear em evidências oriundas de perspectivas disciplinares distintas para que a Educação em Ciências favoreça o desenvolvimento de uma visão ampla *sobre* Ciências. Tais premissas vão ao encontro de nosso entendimento de NdC.

Alinhadas com um entendimento mais amplo de NdC derivado destas premissas, destacamos que, nesta Tese, entendemos Ciência como um domínio de conhecimentos e processos científicos sistematizados que, em última instância (e expresso de forma sintética), visam explicar o mundo e gerar questões cuja busca de respostas favoreça melhores condições de vida para o ser humano. Tal complexidade deriva, pelo menos parcialmente, de conhecimentos e processos científicos serem frutos de atividades humanas dinâmicas que levam em consideração evidências empíricas obtidas e analisadas a partir da contribuição de diversas áreas de conhecimentos (como, detalhado a seguir).

Considerando as premissas citadas anteriormente, foi proposto um modelo que identifica áreas e aspectos da Ciência a cujos significados professores deveriam ter acesso a fim de ampliar suas visões *sobre* Ciências e que relaciona tais áreas de maneira dinâmica e coerente com a proposição de uma visão holística da Ciência.

Visando favorecer o entendimento do modelo, tanto a proposta original (JUSTI; ERDURAN, 2015) quanto a ampliada (SANTOS; MAIA; JUSTI, 2020) contam com uma representação visual (Figura 2.3) proposta em analogia à London Eye. O domínio fonte da analogia, a London Eye, é uma das maiores rodas-gigantes de observação do mundo (135 metros de altura) e tem cápsulas de vidro transparentes nas quais as pessoas entram. Sendo uma roda-gigante muito grande que tem cápsulas transparentes e que giram lentamente, ela permite que o indivíduo visualize vários pontos da cidade (Londres) dependendo da altura em que a cápsula se encontra em cada momento. Além disso, como os indivíduos podem se movimentar dentro da cápsula, ou seja, assumir posições de observação diferentes, tal visão também varia dentro de uma mesma cápsula. O domínio análogo é denominado Science Eye e as principais relações analógicas são: (i) assim como a visão de Londres, a da Ciência é ampla e extremamente complexa; (ii) cada cápsula de vidro transparente representa uma área de conhecimento, podendo favorecer orientações diferentes para visualizar a Ciência; e (iii) cada posição dentro de cada cápsula equivale a um aspecto de NdC específico daquela área, o que possibilita uma orientação diferente para o entendimento de uma mesma área e, conseqüentemente, para a visão da Ciência.

**Figura 2.3** – Science Eye: Representação visual analógica do MoCEC v.2



Fonte: Santos, Maia e Justi, 2020, p. 594.

Portanto, de acordo com o MoCEC v.2, para que a Ciência seja caracterizada de forma mais ampla, várias áreas de conhecimentos e seus respectivos aspectos de NdC devem ser considerados. Este modelo caracteriza a Ciência a partir de seis principais áreas às quais se associam 37 aspectos no total. Ademais, existe também um ponto de interrogação associado a uma das cápsulas evidenciando que o modelo está em aberto, isto é, que outras áreas podem ser acrescentadas, assim como outros aspectos. As principais áreas e seus aspectos são caracterizados a partir de uma síntese de o que cada uma se propõe a estudar, isto é, seus limites e alcances, conforme apresentado por Santos, Maia e Justi (2020, p. 595-601):

**Filosofia da Ciência (FC)**, é uma área que estuda o significado da Ciência. Dessa maneira, as principais contribuições da Filosofia da Ciência para a área de Educação em Ciências são questões especificamente, mas não exclusivamente, relacionadas à origem, aos objetivos e à natureza das áreas de conhecimentos; aos valores éticos e morais presentes em cada área; e aos critérios para construção de conhecimentos científicos em cada área, considerando o necessário rigor metodológico. Tais questões podem também se relacionar aos processos de construção de conhecimentos científicos em cada uma das áreas, tais como elaboração, comunicação, avaliação, revisão e validação; e a práticas científicas e/ou epistêmicas<sup>23</sup> utilizadas em cada uma delas, tais como investigação,

<sup>23</sup> Práticas científicas são entendidas como aquelas que constituem processos científicos, mas que não necessariamente resultam na produção de conhecimentos científicos. Práticas epistêmicas, por sua vez, são compreendidas como aquelas que resultam na produção de conhecimentos científicos (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; DUSCHL, 2015).

observação, experimentação, análise de dados, modelagem, argumentação, entre outras. Assim, os principais aspectos de FC considerados no MoCEC v.2 são:

- *Epistemologia*, apresenta uma reflexão do todo, ou seja, em torno da natureza, objetivos, valores, critérios, processos e práticas científicas e/ou epistêmicas, possibilitando, portanto, reflexões sobre limites e alcances relacionados à construção de diferentes tipos de conhecimentos científicos;
- *Ética*, discute valores éticos e morais que norteiam práticas científicas e/ou epistêmicas, ou que subsidiam decisões tomadas na área ou em outras; e
- *Lógica*, discute a maneira de pensar e raciocínios relacionados à construção de diferentes tipos de conhecimentos científicos.

Santos, Maia e Justi (2020) destacam que, assim como Filosofia da Ciência é a área mais ampla se comparada às demais áreas de conhecimentos (apresentadas a seguir), seus aspectos também o são. Por isso, para se ter um olhar distanciado sobre os caminhos percorridos durante o processo de construção de conhecimentos científicos, faz-se necessário desenvolver um “olhar filosófico”. Assim, esses aspectos podem ser observados de forma explícita ou implícita nas demais áreas, o que resultou na existência do elemento “base filosófica”, incluído nessa versão do modelo.

**Psicologia da Ciência (PC)**, é uma área que estuda os processos mentais e o comportamento de indivíduos<sup>24</sup>, no caso cientistas, durante os processos de produção e uso de conhecimentos científicos. Pensando especificamente nos processos mentais estudados na perspectiva da Psicologia Cognitiva, o MoCEC v.2 foca nos processos de aquisição de conhecimentos, isto é, em como um indivíduo pensa durante a produção e o uso de conhecimentos científicos. Tais processos mentais são, muitas vezes, indissociáveis do comportamento do indivíduo e de outros aspectos mentais estudados por outras áreas correlatas, por exemplo, a Psicanálise. Desse modo, os principais aspectos de PC são caracterizados como:

---

<sup>24</sup> Segundo Santos, Maia e Justi (2020), é justamente este foco no indivíduo que distingue a Psicologia da Ciência da Sociologia da Ciência, haja vista que esta última possui como foco a interação entre indivíduos na sociedade.

- *Complexidade*, como, durante os processos de produção e uso de conhecimentos científicos, um cientista pode ter dificuldades para compreender alguma parte deles devido à sua complexidade;
- *Criatividade*, capacidade que um cientista possui para criar, produzir e/ou inventar algo novo, bem como inovar a partir de algo que já exista, durante os processos de produção e uso de determinado conhecimento científico;
- *Falibilidade*, como cada cientista identifica e lida com erros durante o processo de produção e uso de conhecimentos científicos;
- *Incerteza*, como cada cientista lida com as incertezas<sup>25</sup>, mais precisamente como ele toma consciência, se posiciona e, quando possível ou necessário, toma decisões frente a elas;
- *Influência motivacional*, influências que as motivações de um cientista, sejam elas intrínsecas e/ou extrínsecas, podem sofrer e/ou exercer nos processos de produção e uso de conhecimentos científicos;
- *Inteligência*, características intelectuais de um cientista referentes a como ele compreende, relaciona e faz escolhas relativas a determinado conhecimento científico durante os processos de produção e uso dele, de forma que seja possível pensar no cientista com inteligência “regular”, isto é, não tendo uma inteligência fora do padrão (como a de um “gênio”);
- *Limitação*, como, devido a fatores internos e/ou externos, um cientista pode vivenciar dificuldades, ou mesmo se encontrar impossibilitado de dar continuidade ao processo de produção e uso de determinado conhecimento científico;
- *Não linearidade do pensamento*, como o pensamento de um cientista não se modifica linearmente ao longo dos processos de produção e uso de conhecimentos científicos;
- *Objetividade*, como um cientista pode pensar e agir de maneira direta, ou seja, ser focado em uma meta durante os processos de produção e uso de conhecimentos científicos;

---

<sup>25</sup> Santos, Maia e Justi (2020) entendem incerteza como algo para o qual não podemos prever precisamente o resultado ou criar uma explicação.

- *Personalidade*, conjunto de características marcantes próprias de um indivíduo (cientista)<sup>26</sup> que o identificam e o diferenciam de características de demais indivíduos, e que explicam seu comportamento em determinada situação ao longo dos processos de produção e uso de conhecimentos científicos;
- *Racionalidade*, como um cientista pode pensar e agir em conformidade com a razão, isto é, como ele pode relacionar pensamentos seguindo alguma lógica, durante os processos de produção e uso de conhecimentos científicos;
- *Representação*, capacidade que um cientista possui de expressar uma ideia, seja de forma verbal, visual, matemática ou outra (por exemplo, ao pensar em e/ou produzir analogias e modelos) durante os processos de produção e uso de conhecimentos científicos; e
- *Subjetividade*, como os modos de pensar e/ou agir de um cientista se relacionam com seus próprios conhecimentos prévios, que podem ser diferentes dos de outro indivíduo e não necessariamente embasados em alguma lógica explícita.

Nesta área, em especial, Santos, Maia e Justi (2020) fazem uma ressalva com relação a três aspectos: objetividade, racionalidade e subjetividade. Segundo as autoras, essa se deve ao atual contexto em que estamos vivendo, os chamados tempos de pós-verdades, quando indivíduos apelam às emoções e crenças pessoais ao invés de a fatos objetivos para moldar a opinião pública (geralmente não informada e acrítica). Nesse contexto, no qual alguns indivíduos tendem a ser extremistas, tais aspectos são de grande importância para que eles busquem por uma postura presente em uma espécie de continuum. Isto porque, para um indivíduo que adota uma postura extremista, ou a Ciência é objetiva e racional ou ela é subjetiva. Em outras palavras, para tal indivíduo os aspectos são representados como objetividade e racionalidade versus subjetividade, implicando que, se há o reconhecimento da presença da subjetividade na construção da Ciência, seu status e credibilidade são diminuídos. Nessa perspectiva, ao elencar esses três aspectos em uma mesma área de conhecimento e caracterizar adequada e didaticamente cada um deles, as autoras explicitam a intenção de contribuir para que os indivíduos os entendam e reflitam sobre eles para que, a partir disso, talvez possam

---

<sup>26</sup> Santos, Maia e Justi (2020) citam como exemplo se ele é honesto e incorruptível em determinada situação ao longo dos processos de produção e uso de conhecimentos científicos.

adotar uma postura associada a algum ponto do continuum ao invés de um de seus extremos.

Esta mesma lógica foi seguida pelas autoras com relação aos aspectos influência motivacional, influência cultural, influência sociopolítica e influência histórica<sup>27</sup>, ou seja, a partir desses aspectos, é possível que os indivíduos tomem consciência de que a Ciência não é neutra, de que ela influencia e é influenciada por diversos aspectos. Segundo as autoras, isso seria uma grande contribuição não apenas para a área de Educação em Ciências, mas também para a sociedade de um modo geral, visto que a adoção de posturas extremistas por parte de indivíduos é algo que, em tempos passados, era influenciada, por exemplo, pela religião e, em tempos de pós-verdades, está sendo influenciada (particularmente) pela política<sup>28</sup>. Assim, é fundamental promovermos uma educação científica autêntica que contribua para uma educação para a cidadania global, isto é, que visa o desenvolvimento de opiniões públicas informadas e críticas.

**Antropologia da Ciência (AC)**, a Antropologia é uma área que estuda o homem no sentido mais amplo, isto é, no sentido da humanidade. Essa área pode ser subdividida em Antropologia Biológica ou Física, que estuda o homem em sua dimensão biológica, por exemplo, sua origem, evolução e variações físicas; Antropologia Social<sup>29</sup> ou Cultural<sup>30</sup>, que estuda o homem e as diferentes culturas, ou seja, a diversidade cultural humana; Antropologia Linguística, que estuda o homem e a linguagem (idioma, fala e estrutura linguística), assim como os desdobramentos e as nuances envolvidas na linguagem humana; e Antropologia Arqueológica, que estuda o homem do passado e do presente

---

<sup>27</sup> Estes três últimos são caracterizados mais adiante.

<sup>28</sup> Não podemos deixar de mencionar que no atual contexto, mais especificamente na última eleição para presidente de nosso país (outubro de 2022), observamos a influência da religião na política.

<sup>29</sup> Santos, Maia e Justi (2020) assumem a distinção aceita de que a Antropologia Social se difere da Sociologia no objeto de investigação. A Sociologia estuda o homem enquanto pertencente à sociedade e a Antropologia Social estuda a influência dessa sociedade sobre o homem.

<sup>30</sup> Santos, Maia e Justi (2020) ressaltam que, na visão norte-americana, a Antropologia Cultural estuda a diversidade cultural humana, tanto de grupos contemporâneos, como extintos. Isto, segundo tal visão, se difere da Antropologia Social na medida em que o conceito de sociedade é mais abrangente do que o de cultura, visto que uma sociedade pode ser constituída de indivíduos que manifestam diferentes culturas.

a partir da análise de vestígios materiais como fósseis, pinturas, obras de arte e arquitetônicas e intervenções no meio ambiente. Além de estudar o homem, a Antropologia da Ciência estuda também a relação dele com os conhecimentos científicos, considerando que a produção desses conhecimentos é uma forma de ação social, e que seu desenvolvimento é uma forma de produção cultural. Sendo assim, Santos, Maia e Justi (2020) assumem que o estudo da AC se relaciona aos processos de produção e desenvolvimento de conhecimentos científicos a partir de aspectos como:

- *Incomensurabilidade*, focado no conceito de cultura<sup>31</sup>, de maneira que tais discussões resultem nas ideias de que não existe cultura boa ou ruim, melhor ou pior; existem diferentes culturas. Portanto, o mesmo conhecimento científico pode ser construído, interpretado e valorizado de maneiras diferentes, de acordo com as diferentes culturas; e
- *Influência cultural*, influências que a cultura pode sofrer e/ou exercer em relação a determinado conhecimento científico, como as relacionadas à degradação do meio ambiente, ao racismo, ao feminismo, entre outras. Assim, indivíduos que manifestam diferentes culturas podem interpretar um mesmo fenômeno de maneiras diferentes.

**Sociologia da Ciência (SC)**, é uma área que estuda como ocorrem os processos de produção de conhecimentos científicos analisando as interações dos indivíduos, no caso cientistas, em sociedade. Portanto, os estudos dessa área evidenciam que a Ciência é uma prática social e envolvem aspectos como:

- *Aceitabilidade*, como conhecimentos são produzidos, comunicados, avaliados, revisados e validados pelos cientistas para que sejam aceitos como científicos;
- *Credibilidade*, status que os cientistas, as instituições, os prêmios (por exemplo, o Nobel) e/ou a própria Ciência possuem frente à comunidade científica e/ou à sociedade;
- *Falibilidade*, como os cientistas identificam e lidam com erros durante o processo de produção de conhecimentos científicos em uma perspectiva social,

---

<sup>31</sup> Entendida como um conjunto de crenças, hábitos, formas de vestir, pensar, agir, falar, comer, caminhar, rezar, entre outros, ou seja, é o que é passado, adquirido, aprendido, vivido e compartilhado entre os indivíduos (LARAIA, 1986).

ou seja, como eles se articulam na comunidade acadêmica perante os erros, sejam seus ou de outro(s) cientista(s);

- *Incerteza*, como os cientistas, enquanto grupo de profissionais, lidam com as incertezas, mais precisamente como eles tomam consciência, se posicionam e, quando possível ou necessário, tomam decisões frente a elas;
- *Influência sociopolítica*, influências que a sociedade na qual os cientistas estão inseridos e a política (local ou global) podem sofrer e/ou exercer durante o processo de produção de conhecimentos científicos. Por exemplo, a referida área pode discutir como questões sociais e políticas iluminadas por diferentes posturas influenciam o desenvolvimento de pesquisas sobre uma determinada temática e/ou como as pesquisas realizadas interferem no meio social e político; e
- *Interação entre cientistas*, diferentes modos de interação entre cientistas, por exemplo, parcerias, contribuições, discordâncias e disputas durante o processo de produção de conhecimentos científicos.

**Economia da Ciência (EC)**, é uma área que estuda os impactos sofridos e/ou exercidos pela mercantilização e comercialização<sup>32</sup> do conhecimento científico nas etapas de produção, desenvolvimento e utilização dele, assim como alguns de seus aspectos:

- *Acesso ao conhecimento*, exclusividade do acesso aos conhecimentos científicos e suas implicações no valor monetário agregado a eles, e em quem pode usufruir, direta ou indiretamente, de tais conhecimentos;
- *Aplicabilidade*, interesse das instituições que estão envolvidas nos processos de produção, desenvolvimento e/ou utilização de conhecimentos científicos na utilização deles;
- *Competitividade*, fenômeno que ocorre entre instituições ao longo dos processos de produção, desenvolvimento e utilização de conhecimentos científicos, visando a obtenção de patentes e/ou o reconhecimento de inovações;

---

<sup>32</sup> Segundo Tarja Knuuttila (2013), mercantilização se refere ao ato de transformar algo em mercadoria, enquanto comercialização constitui o ato de colocar algo à venda.

- *Fonte de financiamento*, variedade de instituições, incluindo universidades, centros de pesquisas, laboratórios industriais, agências governamentais, empresas spin-off<sup>33</sup>, entre outras, responsáveis pelo financiamento de pesquisas científicas;
- *Investimento econômico*, como, ao longo dos processos de produção, desenvolvimento e utilização de conhecimentos científicos, o investimento é gradativo e depende tanto de resultados desses processos quanto de fatores sociais, políticos, ambientais, entre outros;
- *Produtividade*, interesse de instituições que estão envolvidas nos processos de produção, desenvolvimento e utilização de conhecimentos científicos na produtividade, em termos de retorno financeiro;
- *Publicidade*, interesse de instituições que estão envolvidas nos processos de produção, desenvolvimento e utilização de conhecimentos científicos na divulgação deles, com objetivo de obter financiamento e/ou mercantilização e comercialização; e
- *Viabilidade*, processo de avaliação para definir e/ou justificar os investimentos em pesquisas científicas.

**História da Ciência (HC)**, é uma área que estuda o desenvolvimento de conhecimentos científicos ao longo do tempo, isto é, a modificação das ideias relacionadas à Ciência e à produção e/ou modificação dessas ideias em contextos passados e/ou contemporâneos. Assim, Santos, Maia e Justi (2020) entendem que seus principais aspectos são:

- *Influência histórica*, influências que o contexto histórico pode sofrer e/ou exercer em relação aos processos de produção e uso de determinado conhecimento científico ao longo do tempo;
- *Multiplicidade*, diversas narrativas de, e/ou interpretações diferentes para, um mesmo episódio histórico em relação a determinado conhecimento científico;
- *Não linearidade*, não existência de um único caminho para o desenvolvimento de conhecimentos científicos, incluindo os resgates de ideias apresentadas em

---

<sup>33</sup> É uma empresa derivada, isto é, uma nova empresa que se originou de outra.

pesquisas anteriores, os imprevistos e as mudanças nas pesquisas sobre um determinado conhecimento que foram ocorrendo ao longo do tempo;

- *Progressividade*, processo pelo qual um determinado conhecimento científico foi produzido, comunicado, avaliado, revisado e validado, de maneira gradativa ao longo do tempo. Assim, fica evidenciado que os conhecimentos não são construídos de uma única vez e que seus processos de produção demandam um certo tempo; e
- *Provisoriedade*, ocorrência de mudanças em um determinado conhecimento científico ao longo do tempo, havendo o abandono de algumas ideias em detrimento de novas construções, o que é consequência de o processo ser dinâmico, isto é, não linear e progressivo.

Diante do exposto, segundo Santos, Maia e Justi (2020), o MoCEC v.2 se diferencia de outras abordagens alternativas às listas de princípios devido aos fatos de contar com uma representação visual analógica que busca favorecer seu entendimento, especialmente por professores (em formação e/ou em exercício); buscar caracterizar *o que* introduzir de NdC no ensino de Ciências de maneira detalhada e didática; e orientar professores sobre *como* introduzir aspectos de NdC em atividades. Em relação a este último ponto, as autoras recomendam que aspectos de NdC sejam introduzidos de maneira contextualizada, isto é, tendo um contexto como pano de fundo; explícita, isto é, a partir de discussões claramente focadas nos significados de aspectos de NdC que influenciam (ou influenciaram) a construção de conhecimentos científicos; e integrada, que incorpora aspectos de NdC tanto ao desenvolvimento de um ou mais conteúdos científicos quanto aos objetivos de aprendizagem *sobre* Ciências. Por isso, voltando nossa atenção para *o que* e *como* introduzir aspectos de NdC no ensino de Ciências, adotamos este modelo como aporte teórico desta pesquisa. Além disto, reconhecemos que sua utilização pode favorecer a promoção de uma educação científica autêntica, contribuindo para uma educação para a cidadania global na medida em que pode favorecer a formação de cidadãos crítico-reflexivos, resultante do desenvolvimento de uma visão ampla *sobre* Ciências e de uma opinião pública informada e crítica. Finalmente, também adotamos este modelo como aporte metodológico devido à possibilidade de ele ser utilizado tanto como suporte para professores no planejamento

de situações de ensino autênticas quanto como ferramenta analítica de dados obtidos em contextos de ensino nos quais tais professores o tivessem utilizado.

No que se refere à utilização do MoCEC v.2 como um suporte no planejamento de situações de ensino autênticas, de acordo com Santos, Maia e Justi (2020), tendo entendido o significado de cada aspecto de NdC, professores podem identificar mais facilmente quais deles, e relacionados a quais áreas de conhecimentos, desejam introduzir, de maneira contextualizada, explícita e integrada, em uma atividade de ensino. Contudo, ainda segundo as autoras, a quantidade de áreas de conhecimentos e aspectos de NdC que podem ser inseridos e discutidos em uma atividade depende do contexto em que os estudantes estiverem inseridos, da natureza da atividade e das informações nela disponibilizadas, dos conhecimentos prévios que os estudantes podem manifestar e/ou pesquisar no momento, e dos objetivos de aprendizagem dos professores.

Pensando no contexto de formação de professores, Santos, Maia e Justi (2020) sugerem que, antes de os FP tomarem conhecimento do MoCEC v.2, eles vivenciem atividades baseadas nele para que, como criticado anteriormente, o processo formativo não seja baseado em um ensino *declarativo* (ALLCHIN, 2011). Nesse sentido, as autoras recomendam que, no momento inicial de discussão das atividades de formação, professores formadores não devem apresentar os nomes, os significados e as respectivas áreas dos aspectos de NdC aos FP, e sim as ideias relacionadas a eles (e relações entre elas), caso elas não sejam mencionadas pelos próprios FP. Após esse momento, elas recomendam que os nomes, os significados e as respectivas áreas dos aspectos de NdC, assim como sua representação visual analógica sejam apresentados aos FP de maneira detalhada e didática, com o objetivo de sistematizar e/ou ampliar seus conhecimentos e para que eles possam vir a utilizar o modelo como um suporte no planejamento de situações de ensino autênticas com propriedade. Tal sugestão também é válida no contexto de formação continuada.

Com relação à utilização do MoCEC v.2 como uma ferramenta analítica de dados coletados em contextos de ensino, as autoras sugerem que, tendo entendido o significado de cada aspecto de NdC, analistas podem identificar mais facilmente quais aspectos de NdC, concernentes a quais áreas de conhecimentos, foram manifestados

pelos sujeitos de pesquisa. Além disso, caso tais dados sejam analisados ao longo de um certo tempo, analistas podem ter elementos para compreender o processo de construção, desenvolvimento e, ainda, utilização de conhecimentos de NdC por parte dos sujeitos envolvidos. Nessa perspectiva, os aspectos de NdC podem ser utilizados por analistas como categorias bem definidas na análise de dados coletados em quaisquer contextos de ensino. Por esse motivo, Santos, Maia e Justi (2020) se preocuparam em nomear e caracterizar detalhada e didaticamente cada um dos aspectos de NdC relacionados às respectivas áreas de conhecimentos representadas na Figura 2.3. Ademais, as autoras enfatizam que esta é uma contribuição dessa versão do modelo para a área de Educação em Ciências porque é comum encontrarmos o termo “aspectos” na literatura da área, mas sem que eles sejam identificados e seus significados claramente explicitados.

Finalmente, embora a publicação do MoCEC v.2 seja recente, ele tem sido utilizado tanto como suporte no planejamento de situações de ensino autênticas (por exemplo, CARVALHO, 2021; JUSTI; MAIA; SANTOS, 2022; SANTOS; JUSTI, 2020; 2021a; b; SANTOS; JUSTI; ALMEIDA, 2021; SIQUEIRA, 2019; SIQUEIRA; SANTOS; CORRÊA, 2020; 2021a; b) quanto como ferramenta analítica de dados coletados em contextos de ensino (por exemplo, LIMA, 2020; LIMA; IBRAIM; SANTOS, 2021; SANTOS, 2019; SILVA, 2022), de produção e comunicação de conhecimentos científicos (MAIA; JUSTI; SANTOS, 2021) e de dados que emergem em contextos de minisséries, por exemplo, a que retrata o acidente de Chernobyl (SILVA; SILVA; MAIA; GONÇALVES, 2022). Além disso, sabemos que atualmente (2023) existem outros estudos sendo desenvolvidos por professores e/ou pesquisadores vinculados a universidades situadas nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do país baseados nele.

### **2.3 Considerações sobre os Aportes Teóricos e Metodológicos Adotados nesta Pesquisa**

Frente ao exposto até então neste capítulo, não podemos deixar de fazer algumas outras considerações para justificar nossas escolhas dos aportes teóricos e metodológicos adotados nesta pesquisa. Diante dos modelos apresentados para Conhecimentos de Professores e para Natureza da Ciência, nós adotamos as segundas versões do MC, neste caso o MCR, e do MoCEC. Primeiro, porque ambos foram revisados, após algum tempo da proposição original, com base em suportes empíricos

e com a colaboração de outras pessoas para além de seus propositores. Segundo, porque apesar de ambos serem mais recentes, foram propostos com base em uma evolução histórica, ou seja, levaram em consideração conhecimentos desenvolvidos anteriormente – o que, a nosso ver, é importante. Terceiro, ambos são coerentes com as perspectivas de educação científica para a cidadania global e de educação autêntica que são adotadas nesta Tese. Quarto, porque (como apresentado no próximo capítulo), nenhum estudo visando analisar a mobilização e o desenvolvimento de conhecimentos de NdC de FP de Química foi realizado adotando tais modelos como aportes teóricos e metodológicos, seja na proposição do processo formativo ou na análise dos dados.

Quanto à adoção do MCR como ferramenta analítica, foi desafiador utilizar um modelo tão complexo em termos de seus elementos constituintes e das inúmeras relações possíveis entre eles – o que não aconteceu ao utilizarmos o MoCEC v.2 como ferramenta analítica devido ao fato de já o termos utilizado algumas vezes (como elucidado no final do segundo tópico deste capítulo). No entanto, ainda assim optamos pelo MCR porque a partir dele foi possível identificar, apresentar e discutir a mobilização e o desenvolvimento do constructo PCK para NdC em seus diferentes domínios (cPCK, pPCK e ePCK), bem como as relações de influências mútuas exercidas por e nos demais componentes do modelo – algo que, pelo nosso conhecimento da literatura, ainda não foi feito com dados relacionados à temática Natureza da Ciência. Dessa maneira, esperamos que os processos de análise realizados, assim como os resultados obtidos e as conclusões deles derivadas signifiquem contribuições relevantes para a literatura da área de Educação em Ciências.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

Nos últimos tempos, devido à importância e aos benefícios de introduzir conhecimentos de NdC no ensino de Ciências, conforme apresentado e discutido no segundo tópico do capítulo anterior, pesquisadores têm investigado o desenvolvimento e/ou a mobilização do PCK para NdC por parte de professores e FP de Ciências. Neste capítulo, apresentamos e discutimos de maneira relacionada, na medida do possível, 14 estudos aos quais tivemos acesso sobre Conhecimentos de Professores relacionados à Natureza da Ciência na Educação em Ciências, que foram publicados nos últimos 14 anos (2008 a 2022)<sup>34</sup>. Nesta revisão, nossos focos de atenção foram os objetivos principais dos estudos, que devido aos critérios utilizados nas buscas, de maneira geral, visavam o desenvolvimento e/ou a mobilização do PCK para NdC por parte de professores ou FP de Ciências; os aportes teóricos e metodológicos tanto para PCK como para NdC neles adotados; os contextos nos quais eles foram desenvolvidos; a metodologia, isto é, as diversas fontes de dados e estratégias de análises de dados utilizadas; os principais resultados; e as conseqüentes implicações, recomendações e limitações advindas dos estudos.

#### 3.1 Panorama dos Estudos

Embora alguns formadores de professores de Ciências tenham conseguido contribuir para o desenvolvimento do PCK para NdC por parte de professores (FAIKHAMTA, 2013) e FP (por exemplo, AKERSON; PONGSANON; ROGERS; CARTER *et al.*, 2017; DEMIRDÖĞEN; HANUSCIN; UZUNTIRYAKI-KONDAKÇI; KÖSEOĞLU,

---

<sup>34</sup> Estas buscas foram realizadas ao longo dos últimos cinco anos, mais especificamente em 2018, para escrita do pré-projeto para o processo seletivo do Doutorado; 2019, para expansão do projeto que foi submetido ao Colegiado do PPGE-FaE-UFMG ao final do primeiro ano de curso; 2020 e 2021, para escrita do texto de Qualificação; e 2022, para apresentar uma revisão de literatura atualizada na Tese. Elas foram feitas na base de dados ERIC sempre com relação aos últimos 10 anos e a partir dos descritores PCK e NOS, sendo esta última sigla oriunda da expressão em inglês Nature of Science. Como resultados, encontramos 20 estudos, contudo seis foram excluídos, porque dois deles se relacionam à caracterização do PCK para NdC; um apresenta metodologia quantitativa (estatística); dois têm como foco a formação continuada a distância; e um não contempla PCK no corpo do texto do artigo, apenas no resumo – o que foge ao escopo de nossa pesquisa. Além disso, ressaltamos que até junho de 2022, quando foi realizada a última busca, não encontramos, de acordo com nossos critérios, nenhum estudo publicado no referido ano.

2016; DEMIRDÖĞEN; UZUNTIRYAKI-KONDAKÇI, 2016; DURUK, 2020; HANUSCIN, 2013), isso não tem acontecido em relação à mobilização do PCK para NdC, em especial, por parte de FP (por exemplo, AKERSON; PONGSANON; ROGERS; CARTER *et al.*, 2017; DEMIRDÖĞEN; HANUSCIN; UZUNTIRYAKI-KONDAKÇI; KÖSEOĞLU, 2016; DEMIRDÖĞEN; UZUNTIRYAKI-KONDAKÇI, 2016; DURUK, 2020). Portanto, a mobilização do PCK para NdC por parte de FP tem se mostrado um grande desafio no contexto de formação.

Parece-nos que um dos motivos para a mobilização do PCK para NdC por parte de FP de Ciências não estar sendo focada em pesquisas se relaciona ao aporte teórico adotado para PCK nos estudos. Dos 14 estudos publicados na última década, em dois deles (MASEKO; KHOZA, 2021; MESCI, 2020) foi adotado como aporte teórico o MC para PCK apresentado por Gess-Newsome (2015) enquanto em um outro foi adotado como aporte teórico um modelo para PCK específico de NdC baseado na lista de princípios (SCHWARTZ; LEDERMAN, 2002). Dos outros 11 estudos (AKERSON; PONGSANON; ROGERS; CARTER *et al.*, 2017; BEKTAS; EKIZ; TUYSUZ; KUTUCU *et al.*, 2013; DEMIRDÖĞEN; HANUSCIN; UZUNTIRYAKI-KONDAKÇI; KÖSEOĞLU, 2016; DEMIRDÖĞEN; UZUNTIRYAKI-KONDAKÇI, 2016; DURUK, 2020; FAIKHAMTA, 2013; HANUSCIN, 2013; MESCI; SCHWARTZ; PLEASANTS, 2020), mesmo três deles sendo de revisão (AYDIN; DEMIRDÖĞEN; MUSLU; HANUSCIN, 2013; HANUSCIN, 2014; MENON; SINHA, 2013), o aporte teórico adotado foi o modelo para PCK de Magnusson, Krajcik e Borko (1999). Vale ressaltar que apenas em um estudo (MESCI; SCHWARTZ; PLEASANTS, 2020) foi justificada a adoção deste modelo para PCK devido à facilidade em utilizá-lo como ferramenta analítica.

Todavia, em três dos dez estudos empíricos (DEMIRDÖĞEN; HANUSCIN; UZUNTIRYAKI-KONDAKÇI; KÖSEOĞLU, 2016; DEMIRDÖĞEN; UZUNTIRYAKI-KONDAKÇI, 2016; DURUK, 2020), os autores investigaram tanto desenvolvimento quanto mobilização do PCK para NdC apenas em planejamentos ancorados em um modelo para PCK que não leva em consideração o planejamento de maneira explícita. Isto não acontece no estudo que se pautou no MC para PCK apresentado por Gess-Newsome (2015) (MESCI, 2020), visto que este modelo foi o primeiro a considerar o planejamento de maneira explícita. Além disso, neste estudo, o autor investigou o desenvolvimento e a mobilização do PCK para NdC tanto no planejamento quanto no ensino (aula simulada). Porém, em outro

estudo que investigou apenas a mobilização do PCK para NdC no ensino (MASEKO; KHOZA, 2021), os autores também se pautaram no MC para PCK. Considerando os outros cinco dos dez estudos empíricos, em três deles (BEKTAS; EKIZ; TUYSUZ; KUTUCU *et al.*, 2013; FAIKHAMTA, 2013; HANUSCIN, 2013) foi investigado apenas o desenvolvimento do PCK para NdC e, portanto, a observação anterior não se aplica. Em um deles (BEKTAS; EKIZ; TUYSUZ; KUTUCU *et al.*, 2013), mesmo havendo elaboração de planejamentos que foram conduzidos em contextos diferentes (aula simulada + estágio), a mobilização do PCK para NdC não foi investigada. Contudo, nos outros dois estudos (AKERSON; PONGSANON; ROGERS; CARTER *et al.*, 2017; MESCI; SCHWARTZ; PLEASANTS, 2020) tal apontamento se aplica parcialmente, pois foi investigada a mobilização do PCK para NdC em planejamento e ensino (estágio e aula simulada + curso de verão, respectivamente).

No entanto, precisamos chamar a atenção para o fato de o modelo de Magnusson, Krajcik e Borko (1999) não levar em consideração o planejamento de maneira explícita não significa que planejamento não é contemplado em seus cinco componentes (apresentados mais adiante). A nosso ver, isto não quer dizer que os autores não tenham pensado no contexto de sala de aula em si, mas que, levando em consideração a evolução histórica do constructo ao longo dos então últimos 30 anos, tenham se preocupado primeiro com a formação (desenvolvimento) e depois com a prática (mobilização). Além disso, também chamamos a atenção para o fato de apenas dois estudos (MASEKO; KHOZA, 2021; MESCI, 2020) terem se pautado no MC e nenhum no MCR. Tendo em vista o período que nossa revisão contemplou, isto era esperado visto que eles foram publicados em 2015 e 2019, respectivamente, e que estudos qualitativos em Educação tendem a demandar um tempo considerável para seu desenvolvimento e publicação.

No que se refere ao aporte teórico adotado para NdC, a maioria dos estudos se pautou na lista de princípios proposta por Lederman e colaboradores (2002; 2006) e utilizou a abordagem explícita e reflexiva. Apenas em dois deles (DEMIRDÖĞEN; HANUSCIN; UZUNTIRYAKI-KONDAKÇI; KÖSEOĞLU, 2016; DEMIRDÖĞEN; UZUNTIRYAKI-KONDAKÇI, 2016), que foram desenvolvidos em um mesmo contexto, foi adotada a lista com o acréscimo de outros aspectos presentes em documentos orientadores de ensino; em um deles (MENON; SINHA, 2013) foram adotados aspectos presentes em um documento orientador de ensino com acréscimo de outros aspectos; e em dois outros (FAIKHAMTA, 2013; HANUSCIN, 2014) foram adotados aspectos também presentes em

documentos orientadores mas que, por serem mais amplos, contemplavam aspectos da lista. Cabe destacar que apenas em um estudo (AKERSON; PONGSANON; ROGERS; CARTER *et al.*, 2017) foi feita menção à possibilidade de adotar Allchin (2011) e Irzik e Nola (2011) como aportes teóricos para NdC, mas, segundo os autores, devido ao nível de ensino no qual as FP iriam lecionar ser elementar<sup>35</sup>, eles acabaram optando pela lista. A existência de poucas informações práticas aos professores sobre *como* introduzir aspectos de NdC no ensino de Ciências de maneira eficaz (AYDIN; DEMIRDÖĞEN; MUSLU; HANUSCIN, 2013; HANUSCIN, 2014; MENON; SINHA, 2013); e a ampla divulgação da lista de princípios proposta por Lederman e colaboradores (2002; 2006), como evidenciado pelo grande número de publicações que utilizam tal lista como aporte teórico (por exemplo, BAYIR; CAKICI; ERTAS, 2014; CAKICI; BAYIR, 2012; LEDERMAN; ABD-EL-KHALICK; BELL; SCHWARTZ, 2002), talvez possam explicar o fato de a maioria dos estudos apresentados e discutidos nesta revisão ter sido ancorada nela.

Destacamos também que, na maioria dos estudos, os aportes teóricos para PCK e para NdC foram adotados tanto como referencial estruturador das disciplinas, curso eletivo<sup>36</sup> e programa de formação extra<sup>37</sup> voltados para NdC quanto como referencial de análise dos dados coletados nestes e em outros contextos (apresentados adiante). Nos três estudos de revisão (AYDIN; DEMIRDÖĞEN; MUSLU; HANUSCIN, 2013; HANUSCIN, 2014; MENON; SINHA, 2013), os autores usaram o modelo de Magnusson, Krajcik e Borko (1999) apenas como referencial de análise. Nos dois estudos que foram desenvolvidos em um mesmo contexto (DEMIRDÖĞEN; HANUSCIN; UZUNTIRYAKI-KONDAKÇI; KÖSEOĞLU, 2016; DEMIRDÖĞEN; UZUNTIRYAKI-KONDAKÇI, 2016), o mesmo modelo foi usado como referencial estruturador do curso eletivo e os modelos de Park e Oliver (2008) e Park e Chen (2012) como referencial de análise dos dados coletados ao longo do curso. Ademais, salientamos que em todos os estudos, NdC foi considerada um conteúdo (como os científicos) que um professor pode ensinar, assim como um tópico para o qual ele pode desenvolver e mobilizar seus PCK – como defendido por Deborah Hanuscin (2013). Em relação a isto,

---

<sup>35</sup> Correspondente ao Ensino Fundamental I no Brasil.

<sup>36</sup> Estamos compreendendo curso eletivo como disciplina optativa.

<sup>37</sup> Estamos entendendo programa de formação extra como algo além do curso de Graduação. No Brasil, temos dois exemplos recentes: o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) voltado para FP matriculados até a metade do curso; e o Programa Residência Pedagógica (PRP) voltado para FP matriculados na segunda metade do curso em diante.

julgamos necessário lembrar que, segundo Joseph Schwab (1978 *apud* SHULMAN, 1986), o conteúdo inclui não apenas a estrutura substantiva mas também a sintática, na qual NdC se insere.

Com relação ao desenvolvimento do PCK para NdC, foram ofertadas disciplinas tanto na Graduação (AKERSON; PONGSANON; ROGERS; CARTER *et al.*, 2017; BEKTAS; EKIZ; TUYSUZ; KUTUCU *et al.*, 2013; DURUK, 2020; HANUSCIN, 2013; MESCI, 2020) quanto no Mestrado (FAIKHAMTA, 2013), como um curso eletivo (DEMIRDÖĞEN; HANUSCIN; UZUNTIRYAKI-KONDAKÇI; KÖSEOĞLU, 2016; DEMIRDÖĞEN; UZUNTIRYAKI-KONDAKÇI, 2016) e um curso em um programa de formação extra (MESCI; SCHWARTZ; PLEASANTS, 2020).

Pensando nos contextos nos quais esperava-se que os sujeitos acompanhados desenvolvessem seus PCK para NdC, este constructo foi analisado em planejamentos elaborados por tais sujeitos (AKERSON; PONGSANON; ROGERS; CARTER *et al.*, 2017; DEMIRDÖĞEN; HANUSCIN; UZUNTIRYAKI-KONDAKÇI; KÖSEOĞLU, 2016; DEMIRDÖĞEN; UZUNTIRYAKI-KONDAKÇI, 2016; DURUK, 2020; MESCI, 2020; MESCI; SCHWARTZ; PLEASANTS, 2020) e em aulas simuladas para seus colegas (MESCI, 2020; MESCI; SCHWARTZ; PLEASANTS, 2020). Entretanto, a mobilização do PCK para NdC não ficou restrita apenas aos contextos analisados. Alguns sujeitos mobilizaram tais conhecimentos também em contextos de ensino formal – estágio com duração de cinco semanas (AKERSON; PONGSANON; ROGERS; CARTER *et al.*, 2017) e informal – curso de verão com duração de duas semanas (MESCI; SCHWARTZ; PLEASANTS, 2020). Em um dos estudos (BEKTAS; EKIZ; TUYSUZ; KUTUCU *et al.*, 2013) que visava o desenvolvimento dos PCK para NdC dos FP de Química, além de planejamentos elaborados pelos sujeitos terem sido contemplados, aulas simuladas para seus colegas e um estágio também foram considerados. Porém, nada disso foi contabilizado anteriormente, pois o desenvolvimento do PCK para NdC foi investigado nas respostas dadas pelos FP a uma questão aberta no início e no final da disciplina cursada. Além disso, mesmo existindo um contexto de ensino formal (estágio), a mobilização do PCK para NdC não foi investigada em tal estudo.

Quanto à metodologia, com exceção dos três estudos de revisão (AYDIN; DEMIRDÖĞEN; MUSLU; HANUSCIN, 2013; HANUSCIN, 2014; MENON; SINHA, 2013) e

de três estudos empíricos (BEKTAS; EKIZ; TUYSUZ; KUTUCU *et al.*, 2013; FAIKHAMTA, 2013; KRAJEWSKI; SCHWARTZ, 2014), o emprego de estudo de caso a partir da utilização de diversas fontes de dados (apresentadas adiante) foi unânime. Diferentes tipos de casos foram construídos, tais como: instrumental (AKERSON; PONGSANON; ROGERS; CARTER *et al.*, 2017; HANUSCIN, 2013); descritivo (DEMIRDÖĞEN; HANUSCIN; UZUNTIRYAKI-KONDAKÇI; KÖSEOĞLU, 2016; DEMIRDÖĞEN; UZUNTIRYAKI-KONDAKÇI, 2016); múltiplo (DURUK, 2020; MASEKO; KHOZA, 2021); múltiplo exploratório (MESCI; SCHWARTZ; PLEASANTS, 2020); e múltiplo exploratório e comparativo (MESCI, 2020). No entanto, estranhamos o fato de um desses estudos (DURUK, 2020) ter utilizado apenas duas fontes de dados (questionários e planejamentos), visto que ao empregar a metodologia estudo de caso, independentemente do tipo, a adoção de várias fontes de dados é indicada e esperada.

A seguir apresentamos de maneira detalhada as diversas fontes de dados, bem como os momentos em que elas foram empregadas e as estratégias de análises de dados utilizadas que implicaram nos resultados encontrados nos estudos selecionados para esta revisão. Ademais, apresentamos também algumas implicações, recomendações e limitações oriundas desses estudos.

### **3.2 Estudos Empíricos que Investigaram o Desenvolvimento do PCK para NdC**

Em um dos três estudos empíricos em que foi investigado apenas o desenvolvimento do PCK para NdC, Deborah Hanuscin (2013) pesquisou, ao longo de dois anos, a influência de incidentes críticos (eventos que resultaram em mudanças significativas) no desenvolvimento do PCK para NdC de uma FP de Ciências do nível elementar enquanto ela mobilizava os conhecimentos obtidos ao longo de sua participação em uma disciplina voltada para NdC (com duração de um semestre), em um curso de verão (com duração de uma semana) e em um estágio (com duração de um ano). Durante a disciplina, a FP selecionada como sujeito de pesquisa apresentou uma visão ampla *sobre* Ciências e demonstrou interesse em introduzir aspectos de NdC no ensino, leu artigos sobre a temática, vivenciou atividades e avaliações, bem como elaborou um planejamento de aula na qual aspectos de NdC seriam introduzidos.

Visando ilustrar as mudanças no desenvolvimento do PCK para NdC dessa FP, Hanuscin (2013) buscou trechos que evidenciavam incidentes críticos, bem como as

explicações dadas a eles na perspectiva da FP, isto é, com base em suas vivências durante a disciplina e nos contextos regulares de ensino nos quais ela foi acompanhada. Para isso, a autora utilizou diversas fontes de dados como: artefatos que evidenciavam a aprendizagem de NdC da FP ao longo da disciplina; planejamentos elaborados e materiais didáticos adotados por ela tanto no curso de verão como no estágio; registros de e-mails trocados com ela ao longo dos dois anos; notas de campo sobre as conversas relacionadas ao processo de introdução de aspectos de NdC no ensino de Ciências em ambos os contextos; e reflexões da FP sobre seu PCK para NdC após a vivência das experiências de ensino.

Apoiada nos resultados, Hanuscin (2013) ressalta que formadores de professores de Ciências devem contribuir não apenas para o desenvolvimento do PCK para NdC por parte de FP, mas também para que eles efetivamente mobilizem seus PCK para NdC em contextos regulares de ensino. Isto porque, mesmo tendo uma visão ampla *sobre* Ciências e demonstrado interesse em introduzir aspectos de NdC no ensino, a FP teve dificuldades para fazer isto. Assim, como implicação para os programas de formação de professores de Ciências no que se refere ao desenvolvimento de PCK para NdC, a autora evidencia o quão importante é a conciliação da teoria com a prática, isto é, o estabelecimento de pontes entre disciplinas de formação e contextos regulares de ensino (formais ou informais) nos quais os FP atuem.

No segundo estudo empírico, Oktay Bektas, Betul Ekiz, Mustafa Tuysuz, Elif Kutucu, Aysegul Tarkin e Esen Uzuntiryaki-Kondakçı (2013) investigaram a compreensão de sete FP de Química sobre aspectos de NdC e sobre o ensino de tais aspectos integrado ao conteúdo científico de natureza da matéria. Tais professores participaram de uma disciplina prática<sup>38</sup> (com duração de um semestre) voltada para o ensino de NdC de maneira integrada.

Diferente de Hanuscin (2013), Bektas, Ekiz, Tuysuz, Kutucu, Tarkin e Uzuntiryaki-Kondakçı (2013) deram mais detalhes sobre a disciplina. De acordo com os autores, em um primeiro momento, os FP participaram de atividades integradas ou não a conteúdos científicos, sendo algumas delas inéditas e outras propostas e utilizadas por

---

<sup>38</sup> Estamos compreendendo tal disciplina prática como estágio, visto que ela foi ofertada no último semestre do curso e contemplava situações de atuação dos FP como professores.

outros autores. Em um segundo momento, eles planejaram o ensino de dois conteúdos químicos e o conduziram cada um para seus colegas de sala. Cada uma dessas aulas simuladas durou aproximadamente 30 minutos e foi gravada em vídeo. Após a condução, eles assistiram suas aulas simuladas, bem como receberam feedback do professor-pesquisador e dos demais pesquisadores que atuaram como assistentes de ensino. No terceiro e último momento, os FP também planejaram o ensino de dois outros conteúdos químicos, mas conduziram cada um deles em um contexto regular de ensino equivalente ao Ensino Médio no Brasil. Contudo, antes da condução, eles observaram algumas aulas de seus professores supervisores. Dessa vez, cada aula durou aproximadamente 45 minutos e não foi gravada em vídeo. No entanto, após a aula, os FP receberam feedback não apenas do professor-pesquisador e dos demais pesquisadores mas também de seus professores supervisores.

Ao longo da disciplina, os FP deram aulas, simuladas e reais, de vários conteúdos químicos, uma vez que eles tiveram que elaborar quatro planejamentos no total. Todavia, nesse estudo, Bektas, Ekiz, Tuysuz, Kutucu, Tarkin e Uzuntiryaki-Kondakçı (2013) consideraram apenas as aulas sobre o conteúdo natureza da matéria. Nas aulas, segundo os autores, os FP deveriam levar em consideração os três componentes do modelo adotado para PCK por eles em tal estudo: conhecimentos de entendimento de NdC de estudantes; conhecimentos de estratégias de ensino de NdC; e conhecimentos de avaliação de NdC<sup>39</sup>.

Para coletar dados, Bektas, Ekiz, Tuysuz, Kutucu, Tarkin e Uzuntiryaki-Kondakçı (2013) elaboraram e aplicaram, no início e no final da disciplina prática, uma questão aberta envolvendo vários itens visando investigar a compreensão dos FP de Química sobre NdC e seus PCK para NdC no contexto de ensino de natureza da matéria. Após a aplicação da questão aberta, os autores realizaram entrevistas com três<sup>40</sup> dos sete FP com o objetivo de validar as respostas escritas por eles, bem como de obter informações mais detalhadas referentes aos seus PCK para NdC. Cada entrevista, tanto

---

<sup>39</sup> Na Turquia, no ano em que a pesquisa foi desenvolvida, não havia aspectos de NdC presentes, de maneira explícita, no currículo de Ciências e em materiais didáticos adotados no país. Por este motivo, segundo os autores, os componentes orientações de ensino de Ciências voltadas para NdC; e conhecimentos de currículo de Ciências no que se refere à NdC não foram considerados na análise.

<sup>40</sup> Os autores não explicitaram os critérios de escolha desses sujeitos.

no início quanto no final da disciplina, durou aproximadamente 50 minutos e, após a permissão dos sujeitos de pesquisa, todas foram gravadas em áudio e transcritas na íntegra para a análise.

Assim sendo, os autores observaram as aulas simuladas e reais dos FP, bem como redigiram notas de campo. Os planejamentos foram utilizados pelos autores para a conferência da coerência entre o que havia sido pensado e o que ocorreu. Eles continham: objetivos de aprendizagem; estratégias de ensino; materiais didáticos, tarefas pré- e pós-ensino; técnicas de avaliação e avaliação da aprendizagem de estudantes; histórico dos conteúdos científicos relacionados; bem como explicações detalhadas de como ensinar o conteúdo científico; como implementar a estratégia de ensino; como usar os materiais didáticos; e como alcançar cada objetivo de aprendizagem. Logo, nos parece que os planejamentos elaborados foram bem detalhados. Por fim, os FP também redigiram quatro portfólios reflexivos, sendo dois deles referentes às aulas simuladas e dois às aulas ocorridas em contextos regulares de ensino.

Dando continuidade, Bektas, Ekiz, Tuysuz, Kutucu, Tarkin e Uzuntiryaki-Kondakçı (2013) analisaram as respostas escritas dadas pelos FP de Química à questão aberta no início e no final da disciplina prática. Para isto, os autores utilizaram cinco categorias: compreensão de NdC; conhecimentos de entendimento de NdC de estudantes; integração de aspectos de NdC ao conteúdo científico de natureza da matéria; conhecimentos de estratégias de ensino de NdC; e conhecimentos de avaliação de NdC. De acordo com eles, as outras fontes de dados permitiram a triangulação de seus dados, assim como a validade deles.

Ao comparar as respostas dadas por eles ao final de tal disciplina com as dadas no início e categorizá-las como ingênuas, transitórias ou informadas, os autores demonstram que os FP de Química desenvolveram suas visões *sobre* Ciências. Embora a maioria dos FP apresentasse visões transitórias ou informadas *sobre* Ciências, apenas um deles conseguiu introduzir aspectos de NdC de maneira integrada ao conteúdo científico. Com relação às estratégias de ensino, no início da disciplina a maioria dos professores apenas mencionou o nome de algumas delas e somente no final da disciplina eles conseguiram explicar como as utilizariam em suas aulas. Por fim, todos demonstraram

dificuldades em avaliar o entendimento de NdC de estudantes no contexto de ensino de natureza da matéria. Apenas um deles (que não é o mesmo que conseguiu introduzir aspectos de NdC de maneira integrada) elaborou uma pergunta aberta que possibilitava uma avaliação de maneira integrada.

Como implicações do estudo para a formação de professores, Bektas, Ekiz, Tuysuz, Kutucu, Tarkin e Uzuntiryaki-Kondakçı (2013) recomendam considerar o desenvolvimento das visões *sobre* Ciências dos FP; incluir aspectos de NdC de maneira integrada a conteúdos científicos; utilizar estratégias de ensino de NdC de maneira integrada a estratégias de ensino de conteúdos científicos; conscientizar FP sobre os equívocos de NdC e suas possíveis fontes; e, principalmente, oportunizar que os FP integrem NdC no ensino e avaliem o entendimento de NdC de seus estudantes no contexto de ensino de conteúdos científicos da disciplina que lecionam. Segundo os autores, assim os FP poderão desenvolver seus PCK para NdC no contexto de ensino de conteúdos científicos específicos.

No terceiro estudo empírico, Chatree Faikhamta (2013) sondou como uma disciplina voltada para NdC (com duração de um semestre) influenciou a visão *sobre* Ciências e as orientações de ensino de Ciências voltadas para NdC de 25 professores em serviço que lecionavam Ciências, Biologia, Física e/ou Química e tinham de um a dez anos de experiência em escolas primárias ou secundárias<sup>41</sup>.

Faikhamta (2013) também apresentou detalhes sobre a estrutura da disciplina, informando que ela foi planejada levando em conta os seguintes componentes do PCK: orientações de ensino de Ciências voltadas para NdC; conhecimentos de currículo de Ciências no que se refere à NdC; conhecimentos de entendimento de NdC de estudantes; conhecimentos de estratégias de ensino de NdC; e conhecimentos de avaliação de NdC. Para isso, a disciplina foi constituída de atividades voltadas para aprendizagem de NdC; identificação de aspectos de NdC em documentos orientadores e materiais didáticos; compreensão de conhecimentos prévios e concepções alternativas relacionados à NdC que estudantes podem apresentar; concepções de estratégias de ensino e de materiais didáticos que contemplem aspectos de NdC; e concepções de avaliações da

---

<sup>41</sup> Correspondentes à Educação Básica no Brasil, ou seja, Ensino Fundamental I e II e Ensino Médio.

aprendizagem de NdC de estudantes. Durante a disciplina, os professores responderam questionários abertos antes e após a vivência de atividades de natureza histórica integradas ou não a algum conteúdo científico, leram um artigo sobre a temática, e elaboraram planejamentos de aulas com o objetivo de ensinar algum aspecto de NdC.

A fim de elucidar como a disciplina influenciou a visão *sobre* Ciências e as orientações de ensino de Ciências voltadas para NdC dos professores que a cursaram, Faikhamta (2013) coletou pré- e pós-questionários; portfólios reflexivos enviados semanalmente via e-mail; artefatos desenvolvidos pelos próprios professores, como registros feitos nas atividades e planejamentos; e suas próprias notas de campo. Assim, o autor pôde comparar as respostas dadas pelos professores antes e após a vivência das atividades. Além disso, ele também usou os portfólios reflexivos e suas notas de campo para categorizar as visões *sobre* Ciências de tais professores adotando critérios semelhantes aos utilizados por Bektas, Ekiz, Tuysuz, Kutucu, Tarkin e Uzuntiryaki-Kondakçı (2013) (visões ingênuas, parcialmente informadas ou informadas).

Os resultados indicam que, antes de cursar a disciplina, a maioria dos professores possuía uma visão ingênua *sobre* Ciências, que passou a ser parcialmente informada ou informada. Além disso, os professores desenvolveram um entendimento sobre as orientações de ensino de Ciências voltadas para NdC com base em suas vivências nas atividades (integradas ou não a algum conteúdo científico). Com relação aos dois tipos de atividade, os resultados mostram que as não integradas a algum conteúdo científico contribuíram para a ampliação da visão *sobre* Ciências dos professores; enquanto as integradas a algum conteúdo científico contribuíram tanto para a ampliação da visão *sobre* Ciências quanto para o entendimento das orientações de ensino de Ciências voltadas para NdC. Isto porque, a partir delas, os professores puderam não apenas aprender NdC como também aprender a ensinar NdC, uma vez que as atividades vivenciadas por eles poderiam ser adaptadas para uso em suas próprias salas de aula. Por fim, pensando nos programas de formação de professores de Ciências, Faikhamta (2013) destaca que uma das implicações de seu estudo é a importância de se adotar um modelo para PCK para propor uma disciplina voltada para NdC. Assim, segundo o autor, as chances de contribuir para a mobilização do PCK para NdC por parte dos professores podem ser maiores.

### 3.3 Estudos de Revisão e Empírico Utilizados como Fontes de Informação para o Desenvolvimento do PCK para NdC

Pensando em atividades de NdC que podem ser adaptadas (ou não) e desenvolvidas pelos professores de Ciências em suas próprias salas de aulas, Sevgi Aydın, Betül Demirdöğen, Nilay Muslu e Deborah Hanuscin (2013) analisaram 65 artigos, no formato de relato de experiências desenvolvidas em escolas secundárias, publicados entre 1995 e 2010 no periódico “The Science Teacher”. Como resultados, as autoras apontam que outros aspectos de NdC além dos presentes na lista de princípios proposta por Lederman e colaboradores (2002; 2006) emergiram nas atividades descritas nos relatos de experiências. Contudo, segundo elas, nem sempre os autores dos artigos explicitaram como os aspectos de NdC foram (no caso de atividades desenvolvidas) ou poderiam ser (no caso de atividades propostas) inseridos e discutidos durante o desenvolvimento da atividade. Isto pode restringir a compreensão de leitores que não possuem uma visão ampla *sobre* Ciências e/ou não possuem um PCK (enquanto constructo) para NdC desenvolvido.

No que diz respeito ao PCK para NdC, apesar de poucos artigos terem fornecido informações robustas relacionadas aos componentes do PCK que foram utilizados como categorias de análise, a maioria deles forneceu informações relevantes sobre conhecimentos de currículo de Ciências com relação à NdC e conhecimentos de estratégias de ensino de NdC. Entretanto, isso não aconteceu para conhecimentos de entendimento de NdC de estudantes e conhecimentos de avaliação de NdC. Diante disso, podemos inferir que a falta de conhecimentos de avaliação de NdC implica a falta de conhecimentos de entendimento de NdC de estudantes, visto que se a aprendizagem de NdC de estudantes não é avaliada, não é possível saber se, e o que, eles aprenderam.

Na mesma linha do estudo anterior, Deborah Hanuscin (2014) investigou 24 artigos, no formato de relato de experiências desenvolvidas no nível elementar, publicados entre 1996 e 2010 no periódico “Science & Children”; e Deepika Menon e Somnath Sinha (2013) examinaram 47 artigos, também no formato de relato de experiências, porém desenvolvidas não apenas em escolas secundárias (como no caso do primeiro estudo de revisão), mas também em universidades, publicados entre 1996 e 2012 no periódico “Journal of College Science Teaching”. Em ambos os estudos, os

autores exploraram os potenciais dos relatos analisados para fornecer modelos apropriados para a introdução de aspectos de NdC no ensino de Ciências de maneira eficaz, assim como para contribuir para o desenvolvimento do PCK para NdC.

Os autores dos dois estudos encontraram que não há muitos “modelos” apropriados para a introdução de aspectos de NdC de maneira explícita. Acerca da contribuição para o desenvolvimento do PCK para NdC por parte de professores, eles apontaram que poucos artigos incluíam informações robustas que poderiam informar seus PCK para NdC. Dos quatro componentes que foram utilizados como categorias de análise<sup>42</sup>, Hanuscin (2014) aponta que há poucas informações sobre conhecimentos de avaliação de NdC e conhecimentos de entendimento de NdC de estudantes; e Menon e Sinha (2013) indicam que há menos informações sobre conhecimentos de avaliação de NdC e mais sobre conhecimentos de estratégias de ensino de NdC. Assim, ambos resultados são semelhantes aos encontrados no estudo anterior (AYDIN; DEMIRDÖĞEN; MUSLU; HANUSCIN, 2013). Provavelmente devido à essa semelhança nos resultados, os autores dos três estudos de revisão ressaltam que é necessário dar uma atenção maior aos componentes do PCK, principalmente conhecimentos de avaliação de NdC e conhecimentos de entendimento de NdC de estudantes, para que artigos como os que foram analisados (no formato de relato de experiências) em tais revisões possam ser utilizados como fontes de informação para que professores de Ciências de diferentes níveis de ensino desenvolvam seus PCK para NdC e, assim, possam introduzir aspectos de NdC em suas salas de aula.

Visando contribuir para preencher, mesmo que parcialmente, a lacuna apontada pelos três últimos estudos de revisão apresentados e discutidos, Sarah Krajewski e Renee Schwartz (2014) compartilharam o percurso de uma professora universitária de Biologia durante o desenvolvimento de seu PCK para NdC. De acordo com as autoras, este estudo é autorreflexivo e usou a pesquisa-ação participativa para registrar os desafios e sucessos encontrados por Sarah Krajewski ao longo de dois semestres introduzindo aspectos de NdC de maneira explícita e reflexiva, e integrada a conteúdos biológicos.

---

<sup>42</sup> Segundo os autores, o componente orientações de ensino de Ciências voltadas para NdC não foi utilizado como categoria de análise.

Destacamos que apesar de Sarah ser considerada uma professora experiente quando a pesquisa foi desenvolvida, por lecionar Biologia há 15 anos, ela nunca havia ensinado NdC. Portanto, para conseguir introduzir aspectos de NdC em suas aulas, ela adotou um plano de ação constituído de quatro etapas. A primeira etapa focou no objetivo de introduzir algum aspecto de NdC em cada aula. Para isto, ela leu artigos voltados para o ensino de NdC buscando identificar possíveis aspectos. Na segunda etapa, ela elaborou planejamentos que integravam os aspectos de NdC de maneira explícita e reflexiva aos conteúdos biológicos. A terceira etapa envolvia a observação do efeito do plano de ação. Nela, Sarah analisou suas reflexões escritas durante o processo de planejar as aulas, bem como após a condução delas. Segundo Sarah, as reflexões pré-aulas ilustraram seu processo mental enquanto aprendia a introduzir aspectos de NdC nas aulas, enquanto as reflexões pós-aulas demonstraram os desafios e sucessos, assim como as modificações feitas durante as aulas. Ela também informou que revisou e utilizou tanto seus planejamentos elaborados quanto suas reflexões feitas no primeiro semestre para lecionar no segundo. A quarta e última etapa consistia na reflexão sobre tais efeitos no plano. Nela, a partir das reflexões pré- e pós-aulas em ambos os semestres, Sarah identificou fatores facilitadores que a ajudaram ensinar NdC.

Assim, essa pesquisa teve como fonte de dados tanto os planejamentos de aulas quanto as reflexões escritas pré- e pós aulas em ambos os semestres. Para analisar os dados, Krajewski e Schwartz (2014) realizaram uma análise temática indutiva visando encontrar as principais estratégias e fatores facilitadores que Sarah utilizou para introduzir aspectos de NdC de maneira integrada a conteúdos biológicos e, assim, desenvolver seu PCK para NdC.

Os resultados mostram que Sarah conseguiu introduzir mais aspectos de NdC de maneira integrada aos conteúdos biológicos que lecionou no segundo semestre se comparado ao primeiro, o que era esperado visto que ela não havia ensinado NdC antes. Segundo as autoras, esse aumento demonstrou um desenvolvimento do PCK dela para NdC. A utilização de atividades propostas e utilizadas por outros autores (que a própria professora e pesquisadora informou ter buscado), foi apontada tanto como estratégia quanto como fator facilitador, uma vez que elas foram utilizadas como “modelos” apropriados para a introdução de aspectos de NdC no ensino de Ciências. Além disso, de acordo com Sarah, a partir da utilização daquelas atividades, ela se sentiu mais

confiante para propor e utilizar atividades inéditas. Com relação às modificações feitas durante as aulas, Sarah afirmou que antes focava mais nos produtos do que nos processos da Ciência, mas que depois de ter lido um artigo que discutia a importância de se fazer o contrário, passou a buscar fazer isso em suas aulas.

Por fim, Krajewski e Schwartz (2014) indicam que esse estudo pode ser muito útil para outros professores de Ciências que estão aprendendo a ensinar NdC, visto que ele é um exemplo com informações práticas aos professores sobre *como* introduzir aspectos de NdC no ensino de Ciências.

### **3.4 Estudos Empíricos que Investigaram o Desenvolvimento e a Mobilização do PCK para NdC**

Em dois dos três estudos empíricos nos quais foram investigados tanto desenvolvimento quanto mobilização do PCK para NdC apenas em planejamento, Betül Demirdöğen e Esen Uzuntiryaki-Kondakçı (2016) e Betül Demirdöğen, Deborah Hanuscin, Esen Uzuntiryaki-Kondakçı e Fitnat Köseoğlu (2016) analisaram como as orientações de ensino de Ciências voltadas para NdC de 30 FP de Química (que não tinham vivenciado qualquer disciplina relacionada à NdC) mudaram durante um curso eletivo (com duração de dois semestres) que visava contribuir exatamente para o desenvolvimento e a mobilização do PCK para NdC. Esse curso foi dividido em dois momentos, sendo um direcionado ao desenvolvimento de conhecimentos de NdC e outro ao desenvolvimento de componentes do PCK para NdC. No primeiro momento, as atividades eram integradas ou não a algum conteúdo científico, sendo algumas delas propostas e utilizadas por outros autores e outras inéditas.

Demirdöğen e Uzuntiryaki-Kondakçı (2016) coletaram dados a partir de diversas fontes e em diferentes momentos. No primeiro momento do curso, elas aplicaram o questionário Views of Nature of Science, Form C (VNOS-C) (LEDERMAN; ABD-EL-KHALICK; BELL; SCHWARTZ, 2002). Em seguida, os FP vivenciaram atividades de diferentes naturezas (investigativa, histórica e argumentativa). Por fim, elas reaplicaram tal questionário. A partir das respostas dadas aos pré- e pós-questionários (seguidos de entrevistas semiestruturadas para o esclarecimento de tais respostas), foi possível caracterizar as visões dos FP antes e após a participação deles nas atividades. Além disso, comparando essas visões e classificando-as com os mesmos critérios utilizados por Bektaş,

Ekiz, Tuysuz, Kutucu, Tarkin e Uzuntiryaki-Kondakçı (2013) (em ingênuas, transitórias ou informadas), foi possível mostrar como elas se modificaram, sendo que a maioria das visões ingênuas e transitórias dos FP mudou para informadas após o primeiro momento do curso.

No segundo momento do curso, Demirdöğen e Uzuntiryaki-Kondakçı (2016) aplicaram um questionário aberto com perguntas que contemplavam todos os componentes do modelo adotado para PCK (exceto conhecimentos de currículo de Ciências no que se refere à NdC devido à inexistência de referências à NdC no currículo da Turquia, onde a pesquisa foi desenvolvida). No início desse momento do curso, os FP elaboraram um planejamento de uma aula de Química. Depois, eles foram instruídos sobre os seguintes componentes de PCK: orientações de ensino de Ciências voltadas para NdC; conhecimentos de entendimento de NdC de estudantes; conhecimentos de estratégias de ensino de NdC; e conhecimentos de avaliação de aprendizagem de NdC. Ao final desse processo, os FP redigiram portfólios reflexivos direcionados (isto é, orientados por perguntas específicas) e responderam novamente o VNOS-C. Para finalizar o curso, os FP reformularam o planejamento visando levar em consideração os conhecimentos abordados no segundo momento do curso. Para esclarecer qualquer dúvida sobre a interpretação dos dados, no final do curso, as autoras realizaram entrevistas semiestruturadas com os FP.

Para a análise, Demirdöğen e Uzuntiryaki-Kondakçı (2016) adotaram os modelos de Park e Oliver (2008) e Park e Chen (2012) para PCK a fim de elucidar como as orientações de ensino de Ciências voltadas para NdC daqueles FP influenciaram e foram influenciadas pelos outros componentes do PCK, traçando assim um perfil do PCK para NdC para cada um deles. Esse perfil foi constituído dos seguintes dados oriundos de seus planejamentos: conteúdo científico de Química; objetivos, incluindo tanto habilidades a serem desenvolvidas como aspectos de NdC a serem introduzidos; estratégias de ensino visando alcançar os objetivos; resumo da segunda versão do planejamento; e componentes do PCK para NdC e possíveis relações entre eles. Apesar de as autoras apresentarem o perfil de uma das FP de Química como apêndice, no corpo do artigo elas apresentam o que poderíamos entender como o somatório dos perfis dos 30 FP. A nosso ver, isto pode ser considerado incoerente porque, como destacam Carlson e Daehler (2019), o PCK é exclusivo de cada professor.

Os resultados da análise evidenciam que os FP de Química incluíram na nova versão do planejamento pelo menos um aspecto de NdC, aquele para o qual possuíam uma visão informada. Demirdöğen e Uzuntiryaki-Kondakçı (2016) atribuíram isso à influência do processo vivenciado no segundo momento do curso, visto que, no planejamento inicial, eles não incluíram nenhum aspecto de NdC de maneira explícita. Com relação a isso, as autoras salientam que não solicitaram que eles incluíssem aspectos de NdC na primeira versão do planejamento porque, se o tivessem feito, elas não saberiam se a introdução de tais aspectos teria ocorrido apenas para atender à solicitação. Todavia, na segunda versão do planejamento isso foi exigido. Diante disso, questionamos: se não tivesse sido exigido, será que os FP de Química teriam introduzido aspectos de NdC na nova versão do planejamento? Isto porque os FP não fizeram isto mesmo após a participação em atividades de diferentes naturezas que inseriam e discutiam aspectos de NdC de maneira explícita e reflexiva. Ademais, as autoras explicitaram que eles foram mais capazes de relacionar suas orientações de ensino de Ciências voltadas para NdC com conhecimentos de estratégias de ensino de NdC e conhecimentos de avaliação de aprendizagem de NdC do que com conhecimentos de entendimento de NdC de estudantes.

No segundo estudo, Demirdöğen, Hanuscin, Uzuntiryaki-Kondakçı e Köseoğlu (2016) selecionaram nove<sup>43</sup> dos 30 FP que participaram do estudo anterior e aprofundaram a pesquisa a respeito de como o segundo momento do curso influenciou tanto no desenvolvimento de componentes do PCK para NdC como na mobilização de tais componentes nos planejamentos reformulados por eles. A construção do perfil de PCK para cada um deles deu suporte à conclusão de que quanto mais desenvolvido e integrado eram os componentes dos PCK para NdC desses nove FP, mais eles se mostraram propensos a introduzir aspectos de NdC na nova versão de seus planejamentos. Perante o exposto, assim como Faikhamta (2013), elas chamam a atenção para a importância de programas de formação de professores adotarem, de maneira explícita, um modelo para PCK como referencial estruturador de um curso de NdC como maneira de incrementar a contribuição para a mobilização do PCK para NdC.

---

<sup>43</sup> As autoras não explicitaram os critérios de seleção desses sujeitos.

No outro estudo empírico que investigou o desenvolvimento e a mobilização do PCK para NdC apenas em planejamento, Ümit Duruk (2020) analisou a influência de uma disciplina integrada a alguns conteúdos científicos no desenvolvimento e na mobilização do PCK para NdC de 13 FP de Ciências da escola secundária. Essa disciplina foi dividida em três momentos, sendo os primeiro e segundo momentos com duração de cinco e três semanas, respectivamente. Ambos foram destinados à vivência em atividades de diferentes naturezas (investigativa, histórica e argumentativa) integradas de maneira progressiva a alguns conteúdos científicos, sendo algumas delas propostas e utilizadas por outros autores e outras inéditas. A diferença entre um momento e outro residiu em o primeiro ter sido voltado para conhecimentos de NdC e o segundo para componentes do PCK para NdC, bem como para a elaboração e apresentação de planejamentos de aula. O terceiro momento teve duração de uma semana e foi destinado à reformulação de tais planejamentos após a participação em dois workshops especificamente sobre componentes do PCK para NdC proferidos pelo próprio pesquisador.

As fontes de dados incluíram pré- e pós-questionários VNOS-C (LEDERMAN; ABD-EL-KHALICK; BELL; SCHWARTZ, 2002) e planejamentos de aulas (elaborados e reformulados). A partir dos dados oriundos dos questionários, Duruk (2020) elucidou o desenvolvimento dos conhecimentos de NdC dos FP e, assim como Bektas, Ekiz, Tuysuz, Kutucu, Tarkin e Uzuntiryaki-Kondakçı (2013), Demirdöğen e Uzuntiryaki-Kondakçı (2016) e Demirdöğen, Hanuscin, Uzuntiryaki-Kondakçı e Köseoğlu (2016), caracterizou suas visões *sobre* Ciências como ingênuas, transitórias ou informadas. A partir dos dados oriundos dos planejamentos, o autor explicitou o desenvolvimento de componentes do PCK para NdC dos FP encontrando que, antes da disciplina e de maneira geral, suas visões eram mais ingênuas e transitórias e, depois de vivenciá-la, se mostraram mais informadas. Isto possibilitou a conclusão de que tal disciplina contribuiu para o desenvolvimento de conhecimentos de NdC por parte daqueles FP, sendo tal contribuição atribuída ao nível de integração (baixo até um nível mais alto) de NdC a conteúdos científicos.

No que tange aos planejamentos de aulas, o autor apontou que neles os FP contemplaram alguns dos conteúdos científicos tratados na disciplina, o que vai ao encontro dos resultados encontrados por Faikhamta (2013) em relação à influência da vivência de atividades de NdC integradas a conteúdos científicos na mobilização de PCK para NdC. Ademais, Duruk (2020) apontou, assim como Demirdöğen e Uzuntiryaki-

Kondakçı (2016) e Demirdöğen, Hanuscin, Uzuntiryaki-Kondakçı e Köseoğlu (2016), que os FP incluíram em seus planejamentos apenas aqueles aspectos de NdC para os quais possuíam uma visão transitória ou informada. Isto é algo esperado e coerente com a definição apresentada por Shulman (1986) para a categoria conhecimento de conteúdo e pela sua importância no processo ensino.

Duruk (2020) também afirmou que, mesmo após a reformulação dos planejamentos feita pelos FP depois da vivência do último momento da disciplina, eles não demonstraram ter desenvolvido o componente conhecimentos de avaliação de aprendizagem de NdC e manifestaram ter desenvolvido parcialmente o componente orientações de ensino de Ciências voltadas para NdC. Entretanto, assim como no estudo conduzido por Hanuscin (2013), neste, os FP apresentaram um considerável desenvolvimento para o componente conhecimentos de estratégias de ensino de NdC. De acordo com Hanuscin (2013), isso se deve ao fato de este ser um componente do PCK para NdC (não apenas) mais facilmente desenvolvido se comparado aos demais. Além disso, destacamos que tal componente também é mais fácil de ser identificado nos dados, visto que ele é diretamente influenciado pelo contexto formativo.

Em um dos três estudos empíricos em que foi investigado tanto desenvolvimento quanto mobilização do PCK para NdC em planejamento e ensino, Valarie Akerson, Khemmawadee Pongsanon, Meredith Rogers, Ingrid Carter e Enrique Galindo (2017) exploraram como componentes do PCK para NdC de uma amostra de seis FP de Ciências do nível elementar se desenvolviam ao longo de uma experiência de prática reflexiva durante uma disciplina voltada para NdC (constituída de atividades integradas ou não a algum conteúdo científico tanto de Ciências quanto de Matemática) e um estágio. Segundo os autores, as FP foram selecionadas como sujeitos de pesquisa devido aos fatos de terem concordado em participar da pesquisa; estagiado em uma mesma turma; vivenciado em outro momento uma disciplina na qual conhecimentos de NdC foram tratados; e apresentado visões *sobre* Ciências informadas ao responderem um questionário – VNOS-C (LEDERMAN; ABD-EL-KHALICK; BELL; SCHWARTZ, 2002) – aplicado ao final da referida disciplina.

Durante a disciplina, as FP elaboraram uma sequência didática constituída de cinco atividades de natureza investigativa (modelagem) e a desenvolveram ao longo de

cinco semanas no estágio. A cada semana, duas FP conduziram uma das cinco atividades, sendo que uma delas assumia o papel principal e a outra o secundário, enquanto as demais observavam as aulas. Após cada aula, elas se envolviam em uma experiência de reflexão sobre a própria prática a partir, por exemplo, de feedback das colegas e, dessa maneira, elas faziam alterações que julgassem necessárias no planejamento da próxima atividade, que seria desenvolvida na semana seguinte por outra dupla.

Akerson, Pongsanon, Rogers, Carter e Galindo (2017) utilizaram diversas fontes de dados como: planejamentos de aulas e materiais didáticos utilizados na condução das atividades; planejamentos de aulas revisados acompanhados de reflexões das FP que assumiram os papéis principal e secundário em cada uma das aulas; formulários de observação preenchidos pelas demais FP que apenas observaram cada uma das aulas; e vídeos das aulas nas quais as FP desenvolveram a sequência didática e dos momentos de reflexão após cada uma das aulas. A partir dos dados oriundos dessas diferentes fontes, os autores identificaram quantas vezes cada aspecto de NdC foi introduzido e procuraram evidências do desenvolvimento dos PCK para NdC das FP.

De maneira geral, as FP conseguiram mobilizar seus conhecimentos de NdC e desenvolver seus PCK para NdC. Nos planejamentos e na condução das atividades, elas não incluíram objetivos de aprendizagem de NdC e avaliação de aprendizagem de NdC, apesar das sugestões tanto das colegas (durante a prática reflexiva) quanto dos pesquisadores que estavam observando e filmando. Todavia, de acordo com Akerson, Pongsanon, Rogers, Carter e Galindo (2017), os vídeos das aulas mostram que as FP foram introduzindo aspectos de NdC de maneira mais explícita ao final do desenvolvimento da sequência didática, evidenciando assim que, embora isto não tivesse ocorrido nos planejamentos, seus PCK para NdC estavam sendo desenvolvidos. Isto também foi evidenciado nas reflexões após as aulas, nas quais as FP discutiram maneiras de introduzir aspectos de NdC em aulas futuras. Nos planejamentos revisados e nas reflexões sobre as aulas, elas demonstraram intenção de incluir objetivos de aprendizagem de NdC. Assim, os autores concluíram que embora as FP tivessem o conhecimento sobre, e a intenção de introduzir, aspectos de NdC, nem sempre elas conseguiram inseri-los e discuti-los de maneira explícita em suas aulas. Por isso, eles recomendam que, em estudos futuros, os pesquisadores apresentem os comandos das atividades de maneira mais clara, isto é, apresentem todos os elementos que um planejamento deve contemplar – assim

como foi feito, por exemplo, em estudos apresentados e discutidos anteriormente (DEMIRDÖĞEN; HANUSCIN; UZUNTIRYAKI-KONDAKÇI; KÖSEOĞLU, 2016; DEMIRDÖĞEN; UZUNTIRYAKI-KONDAKÇI, 2016).

No outro estudo empírico em que foi investigado tanto desenvolvimento quanto mobilização do PCK para NdC em planejamento e ensino, Günkut Mesci, Renee Schwartz e Brandy Pleasants (2020) investigaram experiências que poderiam influenciar no desenvolvimento de todos os componentes, de maneira integrada, e na mobilização do PCK para NdC de dois dentre 11 FP de Ciências durante um programa de formação extra (com duração de 13 meses). Esse programa foi dividido em três momentos, sendo o primeiro voltado para a vivência dos sujeitos em uma pesquisa científica e o segundo destinado à mobilização de conhecimentos desenvolvidos tanto no momento anterior quanto neste. Para isso, os autores ofertaram um curso (com duração de um semestre) no qual os FP tiveram a oportunidade de vivenciar atividades integradas ou não a algum conteúdo científico. Além disso, como era um momento que visava a mobilização dos conhecimentos desenvolvidos ao longo do programa, organizados em duplas ou trios, eles também elaboraram planejamentos de aulas e conduziram tais aulas para os próprios colegas. Finalmente, no terceiro momento eles conduziram as aulas para estudantes da Educação Básica (com 12 anos de idade) em um curso de verão (com duração de duas semanas).

Segundo Mesci, Schwartz e Pleasants (2020), embora todos os FP tenham demonstrado sucesso durante o programa de formação, uma dupla (que já havia vivenciado em outro momento uma disciplina que abordou conhecimentos de NdC integrados a algum conteúdo científico) foi selecionada por representar o melhor exemplo de um caso de sucesso. Isto porque ambos se engajaram ao longo de todo o programa, o que implicou o desenvolvimento de maneira integrada de seus PCK para NdC e a introdução de aspectos de NdC nos planejamentos desenvolvidos por eles tanto nas aulas simuladas quanto nas aulas dadas no curso de verão.

Os dois FP responderam ao questionário VNOS-C (LEDERMAN; ABD-EL-KHALICK; BELL; SCHWARTZ, 2002) no início e no final do primeiro momento do programa e, na sequência, foram entrevistados visando o esclarecimento de suas respostas. Tal percurso metodológico (questionário seguido de entrevista) também foi

vivenciado ao final do terceiro momento do programa. Além disso, no início e no final do segundo momento, eles responderam um outro questionário, específico sobre PCK para NdC, que também foi seguido de entrevista. Por fim, no último momento, as aulas dadas no curso de verão foram gravadas e os dois FP redigiram individualmente portfólios reflexivos sobre os pontos fortes e fracos após cada aula conduzida por eles em dupla.

A primeira etapa da análise de dados incluiu o exame dos dados oriundos de todos os questionários e entrevistas, esboços dos planejamentos de aulas e observações de um dos pesquisadores em sala de aula durante as aulas simuladas. Esses dados foram examinados visando a seleção dos dois FP e, a partir disso, foi possível caracterizar a visão *sobre* Ciências, bem como o PCK para NdC de ambos. Para análise dos dados oriundos dos primeiro e último momentos do programa, Mesci, Schwartz e Pleasants (2020) usaram uma espécie de continuum (que variou de (-), para visões ingênuas; (+), para visões mistas; e (+), (++) , (+++), para visões informadas, sendo a quantidade de sinais positivos proporcional à quantidade de informações fornecidas pelo FP, reflexo de quão ampla era sua visão naquele momento). Para os dados oriundos do segundo momento do programa (aos FP vivenciarem uma pesquisa científica e atividades integradas ou não a algum conteúdo científico no curso que fizeram na sequência), os autores usaram análise de conteúdo (atribuição de sentidos e significados) nos artefatos (por exemplo, registros escritos em atividades) produzidos por eles durante tal momento. A segunda etapa incluiu a análise dos dados oriundos do curso de verão, isto é, vídeos das aulas conduzidas pelos dois FP, planejamentos de aulas finais, portfólios reflexivos e observações de um dos pesquisadores. Esses dados foram analisados a fim de compreender o que e como eles ensinaram sobre NdC. Na última etapa, as duas análises anteriores foram contrastadas quanto à consistência visando determinar como os PCK para NdC dos sujeitos acompanhados foram (ou não) mobilizados em um contexto regular de ensino. Por fim, eles analisaram a pós-entrevista, que se seguiu à aplicação do pós-questionário sobre NdC, a fim de identificar evidências do desenvolvimento de todos os componentes do PCK para NdC por parte dos dois FP de maneira integrada.

Diferente de todos os resultados encontrados nos estudos apresentados e discutidos nesta revisão, Mesci, Schwartz e Pleasants (2020) encontraram que os dois FP não só desenvolveram todos os componentes de seus PCK para NdC de maneira

integrada, como os mobilizaram com sucesso. Segundo os autores, as experiências que influenciaram tal desenvolvimento foram os momentos de feedback nos planejamentos de aulas tanto no segundo quanto no terceiro momento do programa, evidenciando assim a importância do ciclo planejamento-feedback-reformulação. Apesar de eles não terem apontado, nos parece que a explicitação dos elementos que devem ser contemplados em um planejamento pode também ter influenciado os resultados. Isto porque o planejamento apresentado no apêndice do artigo continha inúmeros elementos, ou seja, era bem detalhado – uma das recomendações feitas por Akerson, Pongsanon, Rogers, Carter e Galindo (2017).

Para Mesci, Schwartz e Pleasants (2020), os três momentos do programa (experiência em pesquisa, processos de ensino e de aprendizagem e experiência em contexto regular de ensino) se complementaram de maneira significativa, contribuindo para os resultados alcançados. Ademais, eles apontam que, embora o número reduzido de sujeitos de pesquisa possa ser uma limitação, o estudo do caso foi aprofundado e forneceu uma riqueza de detalhes que possibilitou insights sobre o desenvolvimento e a mobilização dos PCK para NdC dos sujeitos investigados. Dessarte, considerando os resultados discutidos, podemos afirmar que os autores apresentam uma possível estrutura de programa de formação que favorece que FP de Ciências mobilizem seus PCK para NdC.

Em especial, o estudo empírico conduzido por Günkut Mesci (2020), no qual também foi investigado o desenvolvimento e a mobilização do PCK para NdC em planejamento e ensino, se pautou em um modelo para PCK diferente e mais atual, o MC apresentado por Gess-Newsome (2015). Nele, o autor averiguou a eficácia de uma disciplina voltada para NdC (com duração de 14 semanas) na ampliação das visões *sobre* Ciências de 39 FP de Ciências da escola secundária (que não haviam vivenciado em outro momento uma disciplina que trabalhasse conhecimentos de NdC) e a permanência dessas visões ao longo do tempo.

A disciplina e a coleta de dados foram divididas em quatro momentos. No primeiro (com duração de seis semanas), os FP vivenciaram atividades integradas ou não a algum conteúdo científico e leram artigos sobre a temática. Nele, Mesci (2020) aplicou um pré-questionário – VNOS-C (LEDERMAN; ABD-EL-KHALICK; BELL; SCHWARTZ,

2002) – seguido de entrevista semiestruturada para o esclarecimento das respostas. Além disso, o autor solicitou que os FP redigissem, individualmente, portfólios reflexivos ao final de cada uma das semanas. No segundo momento (com duração de duas semanas) os FP, organizados em duplas ou trio, tiveram a oportunidade de desenvolver seus PCK para NdC ao elaborar e apresentar planejamentos de aula. Além de fazer observações que foram registradas em notas de campo, o autor também coletou esboços dos planejamentos antes e depois dos feedback relacionados à apresentação deles. No terceiro momento (com duração de seis semanas), as duplas ou trio conduziram as aulas planejadas para os próprios colegas. Essas aulas tiveram duração aproximada de 30 minutos seguidas de uma discussão de cerca de 15 minutos. Em seguida, eles reformularam seus planejamentos. Nesse momento, além de registrar novas notas de campo do que foi observado, o autor também solicitou que os FP redigissem portfólios reflexivos ao final de cada uma das semanas, bem como autoavaliações, em ambos os casos de maneira individual apesar de terem trabalhado em pequenos grupos. Ao final desse momento, foi reaplicado o VNOS-C, seguido de entrevista semiestruturada para o esclarecimento das respostas dadas pelos FP. No quarto momento, após um ano, a fim de averiguar a permanência das visões *sobre* Ciências daqueles FP ao longo do tempo, Mesci (2020) reaplicou o questionário seguido de entrevista semiestruturada, incluindo algumas perguntas voltadas para os planejamentos que eles haviam elaborado, apresentado, conduzido, discutido e reformulado.

No tocante ao planejamento, o modelo apresentado no apêndice do artigo é, sem dúvida, o mais detalhado de todos os mencionados anteriormente (AKERSON; PONGSANON; ROGERS; CARTER *et al.*, 2017; BEKTAS; EKIZ; TUYSUZ; KUTUCU *et al.*, 2013; DEMIRDÖĞEN; HANUSCIN; UZUNTIRYAKI-KONDAKÇI; KÖSEOĞLU, 2016; DEMIRDÖĞEN; UZUNTIRYAKI-KONDAKÇI, 2016; MESCI; SCHWARTZ; PLEASANTS, 2020), pois contém vários elementos apresentados em forma de questionamentos que contemplam todos os componentes do modelo para PCK adotado no estudo, a saber: bases de conhecimentos profissionais de um professor; conhecimentos profissionais em um tópico específico; amplificadores e filtros relacionados ao professor; práticas em sala de aula; amplificadores e filtros relacionados aos estudantes; e resultados de estudantes.

A partir das diversas fontes de dados, Mesci (2020) identificou a ampliação das visões daqueles FP ao comparar a visão caracterizada ao final da disciplina com a caracterizada no início e, depois, ao comparar esse resultado com a visão caracterizada após um ano. As respostas dadas aos questionários e as transcrições das entrevistas foram analisadas utilizando o mesmo continuum apresentado no estudo anterior (MESCI; SCHWARTZ; PLEASANTS, 2020). Os dados oriundos dos portfólios reflexivos, planejamentos, autoavaliações, notas de campo do pesquisador e transcrições da última entrevista foram analisados por meio de análise de conteúdo (atribuição de sentidos e significados), assim como feito por Mesci, Schwartz e Pleasants (2020).

Quanto à eficácia da disciplina voltada para NdC na ampliação das visões *sobre* Ciências daqueles FP, inicialmente a maioria deles apresentava visões ingênuas ou mistas para todos os aspectos de NdC e, ao final, quase todos (com exceção de dois) apresentavam visões informadas, variando apenas na amplitude. Isso se refletiu nos planejamentos elaborados pelos FP. No que se refere à permanência dessas visões, o autor declara que, mesmo após um ano depois do término da disciplina, elas se mantiveram informadas. Por fim, salientamos que apesar de o foco de Mesci (2020) ter sido o desenvolvimento do PCK para NdC daqueles FP de Ciências, por ter trabalhado com elaboração, apresentação, condução (via aulas simuladas), discussão e reformulação de planejamentos, seu estudo também contemplou a mobilização do PCK para NdC de maneira coerente (devido ao modelo de PCK adotado, o MC) e, a nosso ver, com excelentes resultados. À vista disso, pensando nos programas de formação de professores de Ciências, apesar de o autor ter chamado a atenção para a importância de se adotar explicitamente um modelo para PCK como referencial estruturador de uma disciplina para contribuir para o desenvolvimento do PCK para NdC, também chamamos a atenção para a mobilização do PCK para NdC.

### **3.5 Estudo Empírico que Investigou a Mobilização do PCK para NdC**

O último estudo empírico é um pouco diferente de todos os outros apresentados e discutidos nesta revisão. Isto porque nele foi investigado, de maneira implícita, a mobilização do PCK para NdC no ensino. Bob Maseko e Hlologelo Khoza (2021) exploraram as influências das orientações de ensino de Ciências no PCK. Para isso, os autores acompanharam cinco professores de Ciências em serviço que participavam do

programa de desenvolvimento profissional organizado pelo Ministério da Educação do Malawi e lecionavam em três escolas secundárias diferentes.

Neste estudo, apesar de Maseko e Khoza (2021) terem adotado como aporte teórico apenas o componente bases de conhecimentos profissionais (que é constituído de cinco tipos de conhecimentos – conforme o MC para PCK apresentado por Gess-Newsome (2015)), eles optaram por utilizar como categorias de análise as orientações de ensino de Ciências propostas por Patricia Friedrichsen, Jan van Driel e Sandra Abell (2011). Portanto, os autores investigaram as influências das seguintes orientações: objetivos e propósitos do ensino de Ciências; crenças sobre o ensino e a aprendizagem de Ciências; e visões *sobre* Ciências.

Visando investigar as influências das visões *sobre* Ciências dos cinco professores em seus PCK, Maseko e Khoza (2021) elaboraram e aplicaram um questionário tomando como referência outros questionários presentes na literatura (por exemplo, o VNOS-C (LEDERMAN; ABD-EL-KHALICK; BELL; SCHWARTZ, 2002)). Para analisar os dados oriundos desse questionário, os autores fizeram uma análise dedutiva e utilizaram como categorias bem definidas os aspectos presentes na lista de princípios proposta por Lederman e colaboradores (2002; 2006). Depois disso, eles ainda classificaram as visões dos professores como ingênuas, transitórias ou informadas – como nos estudos de Bektas, Ekiz, Tuysuz, Kutucu, Tarkin e Uzuntiryaki-Kondakçı (2013), Demirdöğen e Uzuntiryaki-Kondakçı (2016), Demirdöğen, Hanuscin, Uzuntiryaki-Kondakçı e Köseoğlu (2016) e Duruk (2020).

A análise dos dados oriundos do questionário mostrou que apesar de os professores apresentarem visões informadas *sobre* Ciências, elas não influenciaram seus PCK nas aulas acompanhadas pelos pesquisadores. Isto significa que os professores não mencionavam aspectos de NdC de maneira explícita em suas aulas. De acordo com Maseko e Khoza (2021), esta constatação corrobora o argumento de que professores terem visões informadas *sobre* Ciências não garante que eles conseguirão introduzir aspectos de NdC no ensino de Ciências de maneira eficaz. Eles também afirmam que, mesmo que os professores entendam o que é Ciência e como ela funciona, o fato de eles não conseguirem introduzir aspectos de NdC no ensino de Ciências demonstra uma aparente falta de PCK para NdC por parte deles.

Contudo, Maseko e Khoza (2021) informam que, no Malawi, apesar de o currículo de Ciências reconhecer que o ensino de NdC é essencial, ele é apresentado apenas como uma sugestão, o que significa que tal ensino pode ser incluído ou não de maneira integrada a conteúdos científicos. Além disso, o ensino de NdC é tratado como um conteúdo isolado nos livros didáticos – o que justifica o fato de tais professores não terem introduzidos aspectos de NdC em suas aulas.

Como implicações, pensando no contexto de formação do país em que o estudo foi desenvolvido, Maseko e Khoza (2021) apontam a necessidade de se inserir e discutir aspectos de NdC de maneira explícita na formação inicial, bem como enfatizar a importância disso nos processos de ensino e de aprendizagem de Ciências. Além disso, os autores destacam a necessidade de professores terem oportunidades, durante a formação, de elaborar e conduzir planejamentos de aulas que visem introduzir aspectos de NdC de maneira explícita e integrada ao conteúdo científico a ser lecionado.

## 4 QUESTÕES DE PESQUISA

*São as respostas que movem as pessoas e, conseqüentemente, o mundo? Ou seriam as perguntas?*

Nesta pesquisa, nos propomos a investigar os conhecimentos de NdC mobilizados e, em alguns casos, desenvolvidos por FP de Química ao longo de um processo formativo que integrou teoria (discutida a partir de vivências em atividades de diferentes naturezas e que envolviam diferentes contextos, bem como de leitura e discussão de um artigo sobre o referencial teórico adotado para NdC: o MoCEC v.2) e prática docente (vivenciada a partir de elaboração, apresentação, discussão, reformulação e análise de planejamentos de aulas para o desenvolvimento de uma atividade de ensino). Tal processo formativo foi proposto e conduzido a partir das ideias centrais do MoCEC v.2.

Para realizar esta investigação, nos guiamos pelas seguintes questões de pesquisa (QP):

**QP1** – Como futuros professores de Química expressam conhecimentos de conteúdo relacionados à Natureza da Ciência ao vivenciar, planejar e analisar situações de ensino autênticas?

**QP2** – Como futuros professores de Química articulam tais conhecimentos às suas bases de conhecimentos profissionais ao planejar e analisar situações de ensino autênticas?

**QP3** – Como futuros professores de Química integram tais conhecimentos aos seus conhecimentos pedagógicos de conteúdo ao planejar uma situação de ensino autêntica?

Em virtude de haver poucos estudos na literatura da área que favorecem e analisam o desenvolvimento e a mobilização de conhecimentos de FP de Ciências relacionados à NdC e de, que seja de nosso conhecimento, não haver estudos baseados em uma visão ampla *sobre* Ciências, esperamos, ao discutir tais questões de pesquisa, fomentar novas discussões na área sobre os conhecimentos de NdC.

## 5 ASPECTOS METODOLÓGICOS

*Quem e o que determina a escolha dos métodos a serem utilizados em uma pesquisa?*

Neste capítulo, apresentamos como a pesquisa foi desenvolvida, assim como as justificativas para as escolhas metodológicas feitas ao longo de todo o processo.

### 5.1 Contexto e Sujeitos de Pesquisa

Esta pesquisa foi desenvolvida no contexto de uma disciplina optativa intitulada “Ensinando Química a partir de Visões Contemporâneas: Da Teoria à Prática” ofertada no primeiro semestre de 2020 por duas professoras da área de Educação em Química de uma universidade situada na região Sudeste do país, e pela autora desta Tese. Esta disciplina começou em março (de maneira presencial) e se encerrou em novembro (de maneira remota) devido à suspensão das aulas e, automaticamente, da coleta de dados entre meados de março e início de agosto, ocasionadas pela pandemia. Isto exigiu uma adequação em seu cronograma com relação à maneira como as atividades foram desenvolvidas<sup>44</sup>.

Tais suspensão e adequação geraram ansiedades e incertezas. Primeiro, devido ao fato de nunca termos vivenciado uma pandemia, tudo era novo. Segundo, não sabíamos quando e como as aulas seriam retomadas. Terceiro, quando estas últimas informações foram disponibilizadas, também tomamos conhecimento de que os FP poderiam trancar suas matrículas na disciplina, ou seja, corríamos o risco de “perder” os dois possíveis sujeitos de pesquisa que já haviam sido pré-selecionados de acordo com as respostas dadas por eles ao Questionário Inicial e o envolvimento deles nas Atividades 1 a 3. Felizmente, isto não aconteceu, apesar de uma FP ter trancado e outra ter efetivado a matrícula. Assim, o quantitativo de FP matriculados não se alterou. Quarto, tivemos que lidar com ensino e coleta de dados remotos. Para isso, repensamos a estrutura das atividades propostas, bem como a maneira de conduzi-las, visando promover e alcançar o engajamento dos FP ao longo da disciplina. Apesar das ansiedades e incertezas, nossos objetivos foram alcançados tanto no ensino quanto na

---

<sup>44</sup> Para saber mais sobre o cronograma final da disciplina, consultar Apêndice A.

coleta de dados. A nosso ver, isto se deveu, pelo menos em grande parte, às relações pessoais que conseguimos construir nas duas primeiras semanas de aula presenciais.

Apesar do tempo de duração em meses, a disciplina foi desenvolvida em 16 encontros (sendo os dois primeiros presenciais e os demais remotos) com duração de até 4h, totalizando 60h de aulas. Sua ementa contemplou características essenciais de Ciências destacadas na literatura contemporânea e consideração delas no ensino de Química; práticas científicas e epistêmicas, casos histórico e contemporâneo como motivadores de discussões *sobre* Ciências e como base para abordagens de ensino; e produção, análise e avaliação de atividades e práticas de ensino nas perspectivas discutidas.

A disciplina foi proposta pela pesquisadora em conjunto com uma das professoras e revisada pela outra. As atividades (apresentadas nos Apêndices B a L) foram divididas em quatro etapas (Quadro 5.1) e buscaram integrar aspectos teóricos e práticos. As atividades que constituem a segunda etapa, compreendidas por nós como situações de ensino autênticas (SANTOS; MAIA; JUSTI, 2020), foram elaboradas e conduzidas tendo como aporte teórico e metodológico o MoCEC v.2. Considerando as limitações e potencialidades apresentadas por diferentes abordagens de ensino (como discutido em ALLCHIN; ANDERSEN; NIELSEN, 2014; KHISHFE, 2022), tais atividades envolveram abordagens baseadas em modelagem (GILBERT; JUSTI, 2016), caso histórico e caso contemporâneo (ALLCHIN, 2013).

**Quadro 5.1** – Organização da disciplina (continua)

Etapas	Atividades	Naturezas	Contextos	Objetivos
0	Perfil do Futuro Professor	Questionário via Google Forms		Traçar o perfil dos FP.
1	1 – Visão Inicial <i>sobre</i> Ciências	Questionário via Google Forms		Investigar as ideias iniciais dos FP <i>sobre</i> Ciências.
	2 – Mumificação é ou não Ciência?	Atividade escrita		

Fonte: Autora, 2023.

Quadro 5.1 – Organização da disciplina (continua)

Etapas	Atividades	Naturezas	Contextos	Objetivos
1	Portfólio 1	Texto crítico-reflexivo		Favorecer a reflexão sobre as experiências vivenciadas ao longo desta etapa da disciplina.
2	3 – Modelagem: Como Funciona um Controle Remoto?	Investigativa	Cotidiano	Introduzir aspectos de NdC de maneira contextualizada, explícita e integrada.
	4 – Caso Histórico: Marie Curie	Histórica	Científico	Investigar os conhecimentos dos FP relacionados à NdC a partir da vivência de situações de ensino autênticas.
	5 – Caso Contemporâneo: Rompimento da Barragem de Rejeitos B1 da Mina do Córrego do Feijão em Brumadinho/MG	Argumentativa	Sociocientífico	Investigar os conhecimentos dos FP relacionados à NdC a partir da vivência de situações de ensino autênticas.
	6 – Visão <i>sobre</i> Ciências neste Momento	Questionário via Google Forms		Investigar as ideias dos FP <i>sobre</i> Ciências naquele momento.
	7 – Artigo sobre o MoCEC v.2	Leitura e discussão do artigo		Favorecer a tomada de consciência sobre os aspectos de NdC, assim como discussões adicionais sobre tais aspectos.
	Portfólios 2A, 2B e 2C	Textos crítico-reflexivos		Favorecer a reflexão sobre as experiências vivenciadas ao longo desta etapa da disciplina.
3	8 – Pensando na Sala de Aula: Proposição e Justificativas de uma Atividade de Ensino	Planejamento de aulas e discussão dos planejamentos		Investigar a mobilização dos conhecimentos dos FP relacionados à NdC ao planejar situações de ensino autênticas.

Fonte: Autora, 2023.

**Quadro 5.1** – Organização da disciplina (continuação)

<b>Etapas</b>	<b>Atividades</b>	<b>Naturezas</b>	<b>Contextos</b>	<b>Objetivos</b>
3	Portfólio 3	Texto crítico-reflexivo		Favorecer a reflexão sobre as experiências vivenciadas ao longo desta etapa da disciplina.
4	9 – Análise Crítica da Atividade 8 e Avaliação da Disciplina	Questionário via Google Forms		Favorecer a reflexão sobre as proposições dos planejamentos de aulas e a disciplina como um todo.

Fonte: Autora, 2023.

Dos 13 FP de Química que participaram da disciplina, oito eram do sexo feminino e cinco do masculino, sendo que eles cursavam diferentes períodos do curso (do primeiro até o último). No início da disciplina, os FP foram organizados em três grupos (sendo dois com quatro integrantes e um com cinco). Isto foi feito visando favorecer interações sociais ao longo do processo de construção de conhecimentos. Tais grupos foram definidos pela pesquisadora de forma que todos fossem heterogêneos em termos de gênero e período na Graduação dos participantes.

As interações nos grupos a partir de todas as atividades geraram muitas discussões. Entretanto, alguns dos FP se engajaram mais do que outros em todas elas. Pensando nisso e na viabilidade do desenvolvimento desta pesquisa, mesmo considerando que a maioria das atividades foi realizada em grupo, selecionamos um desses FP, que esteve presente em todos os encontros e desenvolveu todas as atividades propostas, para ter seus dados analisados. Em consonância com os princípios éticos da pesquisa, utilizamos um nome fictício para identificá-lo: Gael. Participavam também de seu grupo três colegas, aqui identificadas por Lara, Rose e Telma<sup>45</sup>. Além disto, ele estava no 7º período, enquanto suas colegas estavam no 4º, 2º e 8º períodos, respectivamente. Considerando a alta frequência de atividades em grupo na disciplina, assim como a

<sup>45</sup> Outros nomes próprios mencionados indicam participantes de outros grupos ou outras pessoas externas à disciplina como outros professores que os participantes tiveram ao longo de seus percursos formativos. Além disso, utilizamos também os códigos: P1 para uma professora, P2 para a outra professora, PQ para a pesquisadora e G1, G2 e G3 para os três grupos de FP. G2 era constituído por Gael e suas colegas.

intensa participação de todos nas discussões, temos bons motivos para acreditar que suas colegas exerceram influências na mobilização e no desenvolvimento de seus conhecimentos de NdC (que, por isso, foram consideradas na análise dos dados).

Gael havia cursado a Educação Básica em três escolas da rede privada, sendo a maior parte em uma delas, na qual existia grande ênfase humanística e filosófica no currículo (informação que obtivemos após sua seleção). Naquele mesmo período, ele cursava disciplinas e desenvolvia estudos no campo de Divulgação Científica (DC)<sup>46</sup> (do qual chegou a participar de e/ou organizar alguns eventos), e pesquisas na área de Química Ambiental. Além disso, desde o início do curso, ele atuava como professor particular das disciplinas Física, Matemática e Química. Finalmente, a única disciplina próxima da área de Educação que ele havia cursado até o momento em que a pesquisa foi desenvolvida era História da Química. Logo, a disciplina optativa era a primeira disciplina específica que ele iria cursar da área. Contudo, em determinado momento, ele nos informou que havia estudado sobre o Movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) sob a lente do campo de DC.

## 5.2 Coleta de Dados

A presente pesquisa faz parte de um projeto de pesquisa mais amplo, denominado “Contribuições do Ensino Fundamentado em Modelagem para a Aprendizagem *sobre* Ciências, o Desenvolvimento do Raciocínio Argumentativo de Estudantes e o Desenvolvimento de Conhecimentos e Habilidades Docentes”, desenvolvido por membros do Grupo de Pesquisa REAGIR – Modelagem e Educação em Ciências, coordenado pela professora Dra. Rosária Justi, e do qual faço parte. Tal projeto foi submetido por ela ao Comitê de Ética e seu parecer de aprovação tem o código CAAE: 66805717.8.0000.5149.

Pensando nos procedimentos exigidos pelo Comitê de Ética, antes de darmos início ao processo de coleta de dados, P1 e P2 apresentaram PQ aos 13 FP. Em seguida, elas deram informações e tiraram dúvidas sobre a disciplina e a pesquisa. Por fim, após

---

<sup>46</sup> Salientamos que quando escrevemos esta expressão por extenso e com iniciais maiúsculas, ou a representamos por sua sigla, nos referimos ao campo de conhecimento. Contudo, quando a escrevemos por extenso, porém com as iniciais minúsculas, nos referimos à ação de divulgar Ciência.

os FP terem aceitado participar da pesquisa, elas entregaram duas cópias do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para cada um, explicaram seu conteúdo e solicitaram a assinatura deles.

Visando alcançar seu objetivo geral (investigar os conhecimentos de NdC mobilizados e, em alguns casos, desenvolvidos por FP de Química ao longo de um processo formativo que integrou teoria e prática docente), esta pesquisa se baseou em princípios da pesquisa qualitativa na área de Educação (BOGDAN; BIKLEN, 1994). Assim, os dados foram coletados a partir de diversas fontes (apresentadas adiante) e do contato direto da PQ com o ambiente no qual o fenômeno investigado ocorreu. Além disso, os dados coletados são aqui apresentados, predominantemente, de maneira descritiva, a partir de transcrições de falas dos sujeitos participantes, e foram analisados de maneira que o fenômeno pôde ser compreendido sob a perspectiva de tais sujeitos e à luz dos aportes teóricos e metodológicos adotados nesta pesquisa.

Todas as aulas nas quais a disciplina foi ministrada foram observadas por PQ e registradas em áudio e vídeo. A observação foi utilizada, pois viabiliza contemplar o comportamento espontâneo<sup>47</sup> dos sujeitos participantes durante a investigação e os aspectos do contexto em que ela ocorre (OLIVEIRA, 2010). Tal observação foi realizada de forma participante, visto que PQ, juntamente com P1 e P2, também conduziu a disciplina (LÜDKE; ANDRÉ, 2011).

Nas duas primeiras aulas (presenciais) o registro em vídeo foi feito a partir da utilização de duas câmeras posicionadas de forma a captar as imagens dos FP, de P1, P2 e PQ. Tal registro é utilizado, pois permite analisar todas as ações, ideias expressas e relacionamentos entre os participantes, assim como os aspectos do contexto em que a investigação ocorre e que, frequentemente, não são percebidos pela observação ao vivo (BELEI; GIMENIZ-PASCHOAL; NASCIMENTO; MATSUMONO, 2008). Além disso, o

---

<sup>47</sup> Consideramos que o comportamento dos sujeitos participantes pode não ser totalmente espontâneo, uma vez que o simples fato de um pesquisador se inserir no ambiente com seus equipamentos para a coleta de dados pode gerar interferências no comportamento deles. Todavia, ao longo do processo, tais sujeitos tendem a se acostumar com a presença do pesquisador e de seus equipamentos, resultando em seus comportamentos tenderem a ser espontâneos. No caso particular desta disciplina, como a maioria das aulas foi realizada usando a plataforma Microsoft Teams, que permitia a gravação delas sem a presença de objetos externos (como aconteceu nas duas primeiras aulas), julgamos que a interferência da gravação, se ocorreu, foi mínima.

registro em áudio foi feito a partir da utilização de um gravador posicionado junto a cada um dos três grupos, visando ter acesso às discussões dos FP durante o desenvolvimento das atividades propostas (uma vez que não existia uma câmera direcionada para cada grupo). Nas demais aulas (remotas), os registros em vídeo e áudio foram realizados pela plataforma Microsoft Teams. Como todos os participantes tinham acesso integral a tal plataforma (uma vez que ela foi fornecida pela universidade), os FP também a utilizaram para discussões em grupo (reuniões) fora das aulas, sendo todas elas gravadas e disponibilizadas para PQ.

Além da observação participante e dos registros em áudio e vídeo, foi feito uso de notas de campo, registradas de acordo com a necessidade da PQ (LÜDKE; ANDRÉ, 2011). Ademais, todos os artefatos<sup>48</sup> produzidos pelos FP foram coletados, uma vez que, no momento da análise dos dados, eles poderiam ser utilizados para completar nossa interpretação dos fatos (ALVES-MAZZOTTI; GEWANDSZNAJDER, 1999). Também foram realizadas algumas intervenções processuais (questionamentos específicos – por exemplo, via e-mail ou chat da plataforma Microsoft Teams), favorecidas pelo fato da PQ também ter conduzido a disciplina. Tais intervenções ocorreram quando as ideias dos FP foram expressas de forma ambígua ou não clara, o que poderia dificultar nossa interpretação delas. Portanto, elas puderam contribuir na validação da análise dos dados.

### **5.3 Análise dos Dados**

Visando facilitar a leitura e acompanhamento por parte dos leitores, optamos por dividir este tópico em dois subtópicos de acordo com os diferentes momentos relacionados aos dados.

#### **5.3.1 Organização dos dados**

Em um primeiro momento, os dados coletados no G2 foram organizados visando facilitar a visualização do todo (Quadro 5.2).

---

<sup>48</sup> Nesta Tese, entendemos artefatos como produtos recolhidos e recebidos (por exemplo, registros digitados ao responder questionários, registros escritos em atividades ou digitados nos arquivos das atividades, portfólios) dos FP ao longo da disciplina.

Quadro 5.2 – Organização dos dados (continua)

Etapas	Atividades	Fontes de dados	Artefatos
0	Perfil do Futuro Professor	Questionário via Google Forms Intervenções processuais	Questionário respondido Questionamentos específicos respondidos via e-mail
1	1 – Visão Inicial <i>sobre</i> Ciências	Questionário via Google Forms Intervenções processuais	Questionário respondido Questionamentos específicos respondidos via e-mail
	2 – Mumificação é ou não Ciência?	Observação da aula presencial Vídeo da aula Áudio referente à discussão da atividade com toda a turma	Notas de campo Registros escritos na atividade Arquivo de vídeo Arquivo de áudio
	Portfólio 1	Reflexões do FP Intervenções processuais	Texto crítico-reflexivo Questionamentos específicos respondidos via e-mail e/ou chat
2	3 – Modelagem: Como Funciona um Controle Remoto?	Observação da aula presencial Áudio referente às discussões entre os integrantes do grupo durante o desenvolvimento da atividade Vídeo da aula Áudio referente à discussão da atividade com toda a turma	Notas de campo Registros escritos na atividade Fotos dos modelos reproduzidos no quadro branco Arquivo de vídeo Arquivos de áudios

Fonte: Autora, 2023.

Quadro 5.2 – Organização dos dados (continua)

Etapas	Atividades	Fontes de dados	Artefatos
2	4 – Caso Histórico: Marie Curie	Observação da aula on-line Vídeos e áudios das aulas (referentes às discussões da atividade com toda a turma)	Notas de campo Registros digitados no arquivo da atividade Arquivos de vídeos e áudios
	5 – Caso Contemporâneo: Rompimento da Barragem de Rejeitos B1 da Mina do Córrego do Feijão em Brumadinho/MG	Vídeos e áudios das reuniões (referentes às discussões entre os integrantes do grupo durante o desenvolvimento da Parte B) Observação das reuniões Observação das aulas on-line Vídeos e áudios das aulas (referentes às discussões da Parte A e B com toda a turma)	Notas de campo Registros digitados no arquivo da atividade Arquivos de vídeos e áudios das reuniões e das aulas
	6 – Visão <i>sobre</i> Ciências neste Momento	Questionário via Google Forms Intervenções processuais	Questionário respondido Questionamentos específicos respondidos via e-mail e/ou chat
	7 – Leitura e Discussão do Artigo sobre o MoCEC v.2	Observação da aula on-line Vídeo e áudio da aula (referentes à discussão do artigo com toda a turma)	Notas de campo Registros digitados no arquivo da atividade Arquivo de vídeo e áudio
	Portfólios 2A, 2B e 2C	Reflexões do FP Intervenções processuais	Textos críticos-reflexivos Questionamentos específicos respondidos via e-mail e/ou chat

Fonte: Autora, 2023.

**Quadro 5.2** – Organização dos dados (continuação)

<b>Etapas</b>	<b>Atividades</b>	<b>Fontes de dados</b>	<b>Artefatos</b>
3	8 – Pensando na Sala de Aula: Proposição e Justificativas de uma Atividade de Ensino	Vídeos e áudios das reuniões (referentes às discussões entre os integrantes do grupo durante a elaboração do planejamento de aulas) Observação das reuniões Observação da aula on-line Vídeo e áudio da aula (referentes à apresentação e discussão da versão inicial do planejamento de aulas com toda a turma)	Notas de campo Planejamentos de aulas (versão inicial e final) Arquivos de vídeos e áudios das reuniões e das aulas
	Portfólio 3	Reflexões do FP Intervenções processuais	Texto crítico-reflexivo Questionamentos específicos respondidos via e-mail e/ou chat
4	9 – Análise Crítica da Atividade 8 e Avaliação da Disciplina	Questionário via Google Forms Intervenções processuais	Questionário respondido Questionamentos específicos respondidos via e-mail e/ou chat

Fonte: Autora, 2023.

Em seguida, fizemos a descrição dos dados oriundos de áudios e vídeos, assim como a transcrição de trechos relevantes para responder as três questões de pesquisa que orientam este estudo. Para isso, escutamos os áudios e assistimos os vídeos das aulas e discussões (reuniões) entre os integrantes do grupo de Gael. A partir disso, descrevemos todo o processo formativo vivenciado pelos integrantes do grupo e transcrevemos literalmente as falas de Gael, assim como, quando necessário, as de suas colegas de grupo, dos integrantes dos outros dois grupos e de P1, P2 e PQ, todas de maneira situada ao longo da descrição. Além disso, os artefatos recolhidos e recebidos, assim como os questionamentos específicos respondidos via e-mail e/ou chat e as notas de campo redigidas pela PQ foram inseridos de maneira situada ao longo da descrição.

Dessa maneira, a partir do texto de descrição (com transcrição e artefatos situados) de todo o processo formativo vivenciado pelos integrantes do grupo (com cerca de 850 páginas), obtivemos dados a partir dos quais foi possível apresentar um

estudo de caso único do tipo intrínseco (descritivo) (STAKE, 2000) de Gael, levando em consideração a influência exercida por suas colegas de grupo. Assim, o fenômeno pôde ser compreendido (principalmente, mas não apenas) tanto sob a perspectiva do sujeito investigado quanto da PQ (à luz dos aportes teóricos e metodológicos adotados nesta pesquisa). Isto se mostra coerente com o referencial adotado para estudo de caso, uma vez que os dados coletados (incluindo as transcrições das falas dos sujeitos participantes), são apresentados, predominantemente, de maneira descritiva. Ademais, tal referencial recomenda a utilização de diversas fontes de dados para obtenção de múltiplas perspectivas visando uma compreensão holística do fenômeno que está sendo investigado – algo que garantimos em nossa coleta de dados. Contudo, ressaltamos que, visando ser coerentes com os aportes teóricos e metodológicos adotados nesta Tese, não apresentamos o estudo de caso de maneira isolada, isto é, primeiro a narrativa completa e depois sua análise, mas sim de maneira integrada.

### 5.3.2 Procedimentos de análise

Em um segundo momento, utilizamos como ferramentas analíticas tanto o MoCEC v.2 (na íntegra) quanto o MCR (com adequações voltadas para NdC, apresentadas mais adiante). A partir da atribuição a seus elementos do status de categorias bem definidas, nos pautamos na análise de conteúdo (atribuição de sentidos e significados) (BARDIN, 1977). Assim, utilizamos todos os trechos categorizados oriundos de diversas fontes de dados que foram coletados em diferentes etapas da disciplina para sustentar nossas interpretações dos fatos. Todos eles, quando necessário, foram devidamente identificados, ao longo do estudo de caso, com códigos do tipo En-An, onde E indica a etapa da disciplina, A indica a atividade e n são os respectivos números de ordem. A cada código segue-se o nome por extenso do artefato (por exemplo, E1-A1 – Portfólio 1).

Para discutir a primeira questão de pesquisa (Como futuros professores de Química expressam conhecimentos de conteúdo relacionados à Natureza da Ciência ao vivenciar, planejar e analisar situações de ensino autênticas?), inicialmente adotamos como ferramenta analítica os 37 aspectos de NdC associados às seis áreas de conhecimentos no MoCEC v.2 (apresentados no tópico 2.2). Os aspectos foram utilizados como categorias bem definidas para identificar os conhecimentos de conteúdo relacionados à NdC expressos por Gael. Adotamos também como categoria bem definida um dos cinco

tipos de conhecimentos que constituem as bases de conhecimentos profissionais no MCR, com adequações voltadas para NdC. Tais adequações resultaram na definição de *Conhecimentos de Conteúdo* (CCon) como aqueles relacionados às áreas de conhecimentos e seus respectivos aspectos de NdC (como caracterizados no MoCEC v.2).

Nesta parte da análise, inicialmente utilizamos os dados oriundos do Questionário Inicial e das Atividades 1 e 2 (Apêndices B a D) para identificar os CCon expressos por Gael ao respondê-lo e participar de tais atividades. Tanto o questionário foi respondido quanto as atividades foram desenvolvidas em aula, para garantirmos que os FP respondessem o que eles realmente pensavam logo no início da disciplina e sem que houvesse interações entre eles que pudessem interferir em suas respostas. Na sequência, utilizamos dados oriundos do Portfólio 1 (conforme modelo apresentado no Apêndice E) redigido por Gael após a vivência desta etapa da disciplina, buscando identificar dados novos ou que pudessem validar algum dado oriundo de outra fonte ou alguma de nossas interpretações deles.

Em seguida, utilizamos os dados oriundos das Atividades 3 a 5 (Apêndices F a H) para identificar os CCon expressos por Gael ao longo da vivência de situações de ensino autênticas. Nos dados oriundos da Atividade 6 (Apêndice I), procuramos identificar as ideias relacionadas aos aspectos de NdC que ele expressou nas atividades anteriores, porém de maneira mais estruturada, uma vez que nesta atividade ele teve a oportunidade de retomar tudo o que havia vivenciado nas três atividades anteriores e sistematizar seus conhecimentos ao responder o questionário. Os dados oriundos da Atividade 7 (Apêndice J), que envolvia a leitura e discussão do artigo sobre o MoCEC v.2, foram utilizados para contrastar todos os dados anteriores, uma vez que apenas nesta atividade ele tomou consciência da nomenclatura específica e, principalmente, dos significados dos aspectos de NdC e da estruturação deles em termos das respectivas áreas às quais se associam. Na sequência, utilizamos dados oriundos dos Portfólios 2A, 2B e 2C buscando identificar dados novos ou que pudessem validar algum dado oriundo de outra fonte ou alguma de nossas interpretações deles.

Visando identificar os CCon expressos por Gael ao longo do planejamento de situações de ensino autênticas, utilizamos dados oriundos da Atividade 8 (Apêndice K), das reuniões do grupo, do próprio planejamento e da Atividade 9 (Apêndice L), na

qual ele analisou a viabilidade de condução dos planejamentos de aulas propostos por seu grupo e pelos outros dois grupos em contextos regulares de ensino, bem como avaliou a disciplina como um todo. Por fim, também utilizamos dados oriundos do Portfólio 3 buscando identificar dados novos ou que pudessem validar algum dado oriundo de outra fonte ou alguma de nossas interpretações deles. Assim, a análise foi validada por triangulação entre fontes, envolvendo o uso de mais de um método de coleta visando os mesmos objetivos; e entre juízes (PQ e P1), que analisaram independentemente os mesmos dados.

Embora tenhamos feito, em um primeiro momento, uma análise de maneira dedutiva, ou seja, partindo de categorias bem definidas a priori, constatamos que outras categorias emergiram dos dados a partir de uma proposta dos próprios integrantes do G2. Portanto, em um segundo momento, fizemos uma análise de maneira indutiva, na qual consideramos aspectos ou elementos propostos em relação a uma nova área de conhecimento. A nomenclatura utilizada para tais aspectos, assim como seus significados, foram refinados (e apresentados nas implicações desta Tese) a partir da proposta inicial feita pelos FP visando tornar tais significados mais claros.

Além de todos os trechos categorizados oriundos de diversas fontes de dados, visando facilitar a representação dos CCon expressos por Gael, elaboramos um quadro representando os aspectos associados às suas respectivas áreas que foram expressos por ele em todas as atividades em que isto ocorreu. Ressaltamos que o fato de os dados oriundos da Atividade 7 não constarem em tal quadro não significa que CCon não tenham sido expressos nela. Porém, como se tratava da leitura e discussão do artigo sobre o MoCEC v.2, o principal objetivo foi a tomada de consciência dos nomes dos aspectos em si, uma vez que o significado da maioria deles já havia sido contemplado nas ideias expressas<sup>49</sup> por Gael ao longo da segunda etapa da disciplina.

Ainda visando facilitar a representação dos dados, também elaboramos e discutimos um gráfico de barras verticais triplas relacionando o número de aspectos associados às suas respectivas áreas que foram expressos por Gael em momentos específicos da disciplina e que podem ter sido desenvolvidos por ele ao longo de sua vivência nas

---

<sup>49</sup> Salientamos que estamos entendendo “expressos” como sinônimo de “mobilizados”, independente de terem sido desenvolvidos antes e/ou durante a disciplina.

atividades desenvolvidas durante a disciplina. Para isso, utilizamos os dados oriundos do Questionário Inicial e das Atividades 1 e 2 como “momento inicial”; dados advindos das Atividades 3 a 5 como “momento processual”; e dados provenientes da Atividade 6 como “momento final”, tendo tais momentos sido definidos em relação à parte “teórica” do processo formativo. Ademais, nos três momentos, dados oriundos dos respectivos portfólios também foram utilizados.

Ressaltamos que, por esta pesquisa ser de natureza qualitativa, não consideramos quantas vezes os aspectos foram expressos em cada atividade como algo importante, mas sim quais aspectos foram expressos em cada uma delas. Assim sendo, em um mesmo momento, podemos ter, por exemplo, o número 3 relacionado a um único aspecto caso ele tenha sido expresso em cada uma das atividades que constituem os momentos inicial (Questionário Inicial e Atividades 1 e 2) ou processual (Atividades 3 a 5). Entretanto, o que consideramos importante foi a diversidade desses aspectos e das áreas às quais eles se associam. Esta diversidade foi identificada através tanto do aumento do número de aspectos expressos em cada área quanto da complexidade (detalhamento das ideias) com que determinado aspecto foi expresso nos referidos momentos. Estes foram os critérios utilizados para identificar e discutir os possíveis aspectos que Gael possa ter desenvolvido, ou tendências nesse sentido.

Destacamos que, mesmo sendo uma investigação processual, não podemos afirmar que, de fato, eles foram desenvolvidos por Gael, uma vez que a não expressão de determinados aspectos em respostas dadas no Questionário Inicial e nas Atividades 1 e 2 não garante que eles não faziam parte de seu repertório de conhecimentos antes de cursar a disciplina. De maneira análoga, a expressão de determinados aspectos ao vivenciar as Atividades 3 a 5 não garante que ele os desenvolveu durante a disciplina, pois eles podem não ter sido expressos antes por falta de oportunidades. Entendemos que afirmativas sobre o real desenvolvimento de aspectos de NdC só poderiam ser feitas se sustentadas por evidências derivadas de um estudo processual longitudinal.

Para discutir nossa segunda questão de pesquisa (Como futuros professores de Química articulam tais conhecimentos às suas bases de conhecimentos profissionais ao planejar e analisar situações de ensino autênticas?) adotamos como categorias bem definidas para identificar os elementos envolvidos nas articulações feitas por Gael durante o planejamento de uma atividade de ensino e análise dela e das elaboradas

pelos colegas: os amplificadores e filtros; e os outros quatro tipos de conhecimentos que constituem as bases de conhecimentos profissionais no MCR, com adequações voltadas para NdC. Tais adequações resultaram nas seguintes definições:

- *Trocas de Conhecimentos*, são processos de amplificar e/ou filtrar elementos (por exemplo, crenças, orientações sobre o processo de ensino, conhecimentos prévios do FP e o próprio contexto de ensino) relacionados tanto aos conhecimentos quanto às experiências de ensino e de aprendizagem em termos de NdC do FP.
- *Conhecimentos Pedagógicos (CPed)*, são conhecimentos relacionados a como introduzir aspectos de NdC no ensino de Ciências. Por exemplo, eles podem ser introduzidos de maneira contextualizada, explícita e integrada a partir de atividades investigativas como modelagem, caso histórico e caso contemporâneo (como ocorreu na disciplina optativa).
- *Conhecimentos de Estudantes (CEst)*, são conhecimentos sobre aspectos de NdC que estudantes podem expressar ao longo de situações de ensino, incluindo também conhecimentos prévios, concepções alternativas ou dificuldades de aprendizagem a eles relacionados.
- *Conhecimentos de Currículo (CCur)*, são conhecimentos relacionados aos objetivos de ensino sobre aspectos de NdC e que levam em consideração o contexto em que estudantes estão inseridos (visto que o currículo é uma construção social), os conteúdos que foram ensinados antes (e que são pré-requisitos para a aprendizagem de NdC) e os que serão ensinados depois. Este tipo de conhecimento contempla também os entendimentos de como documentos oficiais e normativos, que regem a Educação no país, e livros didáticos, abordam aspectos de NdC.
- *Conhecimentos de Avaliação (CAva)*, são conhecimentos relacionados às diferentes maneiras de se avaliar a aprendizagem de estudantes sobre aspectos de NdC, por exemplo, a partir de avaliações diagnósticas<sup>50</sup>, formativas (como as feitas na disciplina optativa) e somativas, assim como relacionados aos usos de resultados oriundos de tais avaliações, por exemplo, para orientar e reorientar o processo de ensino.

Após termos identificado os elementos envolvidos nas articulações,

---

<sup>50</sup> Este tipo de avaliação não é comum de ser destacado, mas o incluímos porque, a nosso ver, ele é importante no contexto de ensino de NdC.

conseguimos identificar como tais articulações foram estabelecidas. No entanto, antes de utilizar as definições anteriores como categorias para analisar os dados coletados nas duas últimas etapas da disciplina (que envolveram o planejamento e análise de situações de ensino autênticas) para discutir a QP2, tivemos que levar em consideração os resultados oriundos das análises feitas anteriormente para discutir a QP1. Isto também se aplica à análise feita para discutir a QP3.

Portanto, após a categorização dos CCon, identificamos se eles foram influenciados por amplificadores ou filtros e, em caso afirmativo, como isto aconteceu. Em outras palavras, buscamos identificar se houve trocas de conhecimentos. Na sequência, buscamos identificar se houve relações entre tais CCon e os CPed, CEst, CCur e CAva e, se sim, como estas relações foram estabelecidas.

Ao fazermos isto, dividimos as articulações em relação à forma como ela se deu, isto é, se ela foi manifestada verbalmente por nosso sujeito de pesquisa ou se estava subentendida nos dados (sendo por nós identificada a partir de evidências) e ao seu propósito (isto é, ao seu objetivo específico). Por exemplo, no caso de uma articulação manifestada, ela pode ocorrer a partir da proposição de comparações, destaques, exemplos e questões; e, no caso de uma articulação subentendida, ela pode ocorrer a partir da proposição de vivências baseadas, por exemplo, nas experienciadas pelo nosso sujeito de pesquisa antes e durante a disciplina optativa. Por fim, a articulação relacionada ao propósito pode ocorrer a partir da definição de abordagens, estratégias, temas; proposição de tipos de avaliação, aspectos ou elementos e áreas; previsão do comportamento de estudantes; e promoção de reflexões.

Nossa terceira e última questão de pesquisa (Como futuros professores de Química integram tais conhecimentos aos seus conhecimentos pedagógicos de conteúdo ao planejar uma situação de ensino autêntica?) envolveu apenas o planejamento da situação de ensino e discussões sobre ele, e não sua análise (como na QP2) porque não teríamos dados para discutir tal processo. Em sua discussão, adotamos como categorias bem definidas para identificar os elementos envolvidos nas integrações feitas por Gael: os três tipos de conhecimentos pedagógicos de conteúdo (cPCK, pPCK e ePCK – com adequações voltadas para NdC). Tais adequações resultaram nas seguintes definições:

- *PCK coletivo para NdC* (cPCK), são conhecimentos relacionados à NdC construídos coletivamente e/ou compartilhados por um grupo de pessoas constituído, por

exemplo, pelos participantes da pesquisa (os integrantes do grupo de Gael; os colegas dos outros dois grupos; P1, P2 e PQ). Portanto, além de canônicos, tais cPCK são também locais, isto é, ultrapassam o que está na literatura ao serem reconhecidos como conhecimentos que também podem ser desenvolvidos, por exemplo, em uma sala de aula (como ocorreu ao longo da disciplina optativa).

- *PCK pessoal para NdC* (pPCK), são conhecimentos relacionados à NdC desenvolvidos durante todo o percurso formativo de um FP tanto por meio da educação formal quanto por meio de compartilhamentos com outros indivíduos inseridos em seu contexto formativo (estudantes da universidade, professores da universidade, pesquisadores da área de Educação em Ciências e suas produções, principalmente artigos e livros, professores da Educação Básica) quanto por meio de experiências de ensino e de aprendizagem vivenciadas pelo FP. Portanto, tais pPCK são cumulativos (originados dos cPCK e ePCK) e dinâmicos (podem ser transformados em cPCK e ePCK).
- *PCK em ação para NdC* (ePCK), são conhecimentos relacionados à NdC expressos nos atos de ensinar (neste estudo, apenas na fase de planejamento e não nas de ensino e reflexão sobre o ensino) utilizados por um FP em um contexto específico (neste estudo, fictício e baseado em suas vivências anteriores em ambientes formais de ensino, por exemplo, escola e universidade) para alcançar resultados específicos.

Apesar de o elemento contexto de aprendizagem não ter sido utilizado como uma categoria em nossa análise, também apresentamos nossas adequações de seus significados voltadas para NdC, uma vez que ele foi importante no planejamento das aulas.

- *Contextos de Aprendizagem*, são espaços-tempos que podem ser definidos por muitos fatores (por exemplo, políticas públicas, comunidade, escola, série, idade e disposição dos estudantes) que servem para amplificar e/ou filtrar conhecimentos relacionados à NdC do FP e para mediar suas experiências de ensino relacionadas à NdC. Ao mesmo tempo em que tal contexto contribui para amplificar e filtrar e, portanto, influenciar os PCK para NdC do FP, ele também constitui o que separa (e diferencia) pPCK de cPCK, ambos para NdC.

Assim sendo, após a categorização dos CCon e das relações estabelecidas de

maneira explícita entre eles e os CPed, conseguimos indicar se houve integração entre estes conhecimentos e, se sim, como estas integrações ocorreram. Para isto, identificamos as transformações entre os domínios dos PCK para NdC (cPCK, pPCK e ePCK). Neste processo, consideramos as possíveis transformações propostas por Carlson e Daehler (2019) no MCR. Por fim, à luz das alterações propostas por Alicia Alonzo, Amanda Berry e Pernilla Nilsson (2019), reinterpretamos uma das transformações identificadas anteriormente.

Como todas as categorias oriundas do MCR são derivadas de nosso entendimento com relação ao modelo adotado como ferramenta analítica, elas também foram refinadas ao longo do processo de análise dos dados. Além disso, apesar de todas terem sido caracterizadas considerando o contexto desta pesquisa, elas podem ser utilizadas na análise de conhecimentos de qualquer professor, sendo alterados apenas alguns detalhes relacionados ao contexto de formação e/ou atuação do sujeito investigado.

Para finalizar, visando uma maior confiabilidade na interpretação dos fatos, todo o processo de análise foi feito em três fases: uma pré-análise, seguida por uma análise e uma pós-análise. Além disso, como informado, o processo foi validado por triangulação entre fontes e entre juízes (PQ e P1). Este último tipo de triangulação originou resultados mais confiáveis, visto que as divergências entre as pesquisadoras foram discutidas até o estabelecimento de consenso. Tal confiabilidade (obtida quando um outro pesquisador, pautado no mesmo aporte teórico e metodológico, analisando os mesmos dados, os interpreta da mesma maneira que um primeiro pesquisador) é essencial à pesquisa de natureza qualitativa (COHEN; MANION; MORRISON, 2007).

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

*Não basta saber ou fazer alguma coisa, é preciso refletir sobre aquilo que se sabe e que se faz.*

Simone Weil

Neste capítulo, apresentamos e discutimos nossos resultados a partir de um estudo de caso único do tipo intrínseco (descritivo). Devido à sua extensão e complexidade, optamos por apresentar a narrativa e a análise de maneira integrada e, para favorecer uma leitura mais agradável, isto foi feito por atividades.

### 6.1 Questionário Inicial: Perfil do Futuro Professor

Apesar de o objetivo deste questionário ter sido traçar o perfil dos FP e os dados oriundos dele terem sido utilizados na caracterização de nosso sujeito de pesquisa, em algumas respostas identificamos alguns CCon expressos por Gael. Por exemplo, em uma parte da resposta à questão “O que motivou sua participação nesse(s) evento(s)?”, ele respondeu:

O que me motivou a iniciar a ida em eventos foi a curiosidade, querer aprender mais, ficar atualizado sobre Ciência e Tecnologia. Porém, o que me motiva a continuar indo são as trocas proporcionadas, bem como o crescimento profissional e pessoal, e também as oportunidades.

Dado que a própria questão tem como objetivo conhecer o que o motivou a participar de eventos científicos, identificamos o aspecto influência motivacional (PC) quando, a partir de sua posição de membro da comunidade científica, Gael destacou a curiosidade e a vontade de aprender e de se atualizar sobre Ciência e Tecnologia. Quando ele complementou sua resposta ao escrever que o que o continuava motivando eram as trocas, crescimento profissional e oportunidades que tais eventos podem proporcionar, identificamos também, além do primeiro aspecto, o de interação entre cientistas (SC). Este último aspecto também fica evidente em sua resposta à questão “Em termos de sua formação profissional, quais foram suas experiências mais significativas ao participar desse(s) evento(s)? Justifique sua resposta.”:

Ao longo da minha Graduação, pude me dar conta de que a participação em eventos é um momento de nos integrarmos à comunidade que fazemos parte. Assim, sempre gosto de estar presente nesses eventos para

conhecer pessoas novas, trocar experiência, aprender, e também me sentir parte da comunidade de químicos.

## 6.2 Atividade 1: Visão Inicial *sobre* Ciências

Como informado no capítulo anterior, o objetivo desta atividade foi investigar as ideias iniciais dos FP *sobre* Ciências a partir de suas respostas às questões de um questionário respondido na aula (presencial). Como evidenciado a seguir, na maioria das respostas, Gael expressou alguns outros CCon.

Ao responder sobre como explicaria o que é Ciência para um colega de outra área, ele afirmou:

Diria que a Ciência é a busca de respostas para perguntas que podem contribuir para um melhor entendimento da realidade que nos cerca como um todo e podem ou não influenciar nossa qualidade de vida. [...]. Tentaria deixar claro que a Ciência pode ser empírica ou não [...].

Em razão de a questão solicitar uma explicação relacionada ao significado de Ciência, prevíamos a identificação do aspecto epistemologia (FC). Na primeira parte da resposta, ele apresentou uma reflexão do todo, em torno dos objetivos, ao mencionar a busca por respostas, enquanto na segunda, sua reflexão também enfocou o todo, porém considerando processos (ao se referir, por exemplo, a experimentos). Este mesmo aspecto também foi identificado na resposta dada à próxima questão “O que uma pessoa precisa aprender para que você considere que ela entende Ciências?”:

Acredito que o entendimento possa se dar em vários níveis diferentes. Assim, o primeiro passo para a compreensão científica estaria relacionado à capacidade de absorver informações científicas e, também, formular questionamentos sobre essas informações, mesmo que simples ou ingênuos.

Aqui, ele refletiu sobre objetivos, porém, mencionando a formulação de questões.

O papel de questões na Ciência foi o foco da terceira questão “Como os cientistas decidem quais questões devem ser investigadas?”. Ao respondê-la, ele afirmou:

Acredito que possamos fazer uma analogia do conhecimento científico com um balão, isto é, o ar contido no balão seria o conhecimento e a sua superfície representaria a fronteira do conhecimento. À medida que o enchamos, essa fronteira se torna maior. Assim, acredito que as primeiras questões vieram da percepção da natureza (por exemplo,

questionamentos que são atribuídos a Aristóteles) e à medida que foi-se estudando, novas perguntas foram sendo feitas. Um bom exemplo disso seria o desenvolvimento da ideia do átomo, que nos levou a questões atualíssimas que são pesquisadas.

Aqui, identificamos o aspecto progressividade (HC) quando Gael mencionou que novas questões foram formuladas à medida que determinados conhecimentos científicos foram sendo produzidos de maneira gradativa ao longo do tempo.

Como a próxima questão solicitava uma justificativa para o fato de cientistas fazerem experimentos, ele também expressou ideias sobre processos na Ciência:

Para que possamos testar hipóteses e termos evidências sobre as conclusões que estamos propondo. Além disso, um fator importante dos experimentos é a sua reprodutibilidade, assim eles são também um método de comunicação científica.

Portanto, o aspecto epistemologia (FC) foi identificado novamente.

Na resposta para a questão “O que distingue conhecimentos científicos de conhecimentos não científicos?”, identificamos o aspecto lógica (FC) quando Gael afirmou: “Acredito que a construção de um raciocínio lógico completo.”.

Ainda com relação à essa questão, ele informou em seu portfólio que teve dificuldade para respondê-la, mas que recorreu a alguns de seus conhecimentos prévios com relação à disciplina Filosofia e ao campo de DC:

Ressalto que encontrei dificuldade de responder, sobretudo sobre a distinção entre conhecimentos científicos e conhecimentos não científicos. Nesse ponto, acredito que a minha vivência no estudo de Epistemologia (durante o Ensino Médio, concluído em 2013) e de Divulgação Científica (durante a Graduação 2019/2) colaboraram para uma visão geral sobre o assunto, sem nunca me permitir ter uma resposta satisfatória. Acredito que os filósofos Thomas Kuhn e Karl Popper de alguma forma dão uma direção para meu entendimento, apesar de não darem uma resposta conclusiva à concepção do que seria de fato um pensamento científico. Porém, tudo se tornou mais confuso quando fui apresentado às ideias de Paul Feyerabend que postulava que tudo era Ciência, retratado pelo Anarquismo Científico. Feyerabend responde aos anseios voltados à popularização da Ciência e, portanto, em algum nível faz sentido. Porém, torna-se capcioso ao validar as pseudociências (por exemplo, o movimento antivacina) como Ciências, além de diminuir o valor do que de fato é produzido pelos cientistas. Sigo sem uma resposta para a questão [E1-A1 – Portfólio 1].

Na sequência, quando questionado sobre critérios usados para distinguir um bom trabalho científico de outros não tão bons, Gael respondeu:

1. Reprodutibilidade: resultados que não podem ser repetidos normalmente me fazem crer que o estudo não é tão confiável.
2. Trabalhos que possuem mais grupos de pesquisa estudando a mesma coisa e os resultados são coerentes entre si.
3. Formas como os resultados são divulgados: possibilitando a formulação de quesitos que poderiam refutar um trabalho.

Tal resposta, deu suporte à mais uma identificação do aspecto epistemologia (FC). Isto porque reprodutibilidade tem a ver com o processo de produção de conhecimentos científicos; um maior número de cientistas pesquisando sobre um mesmo tema implica em avaliações, revisões e validações; e divulgação envolve o processo de comunicação dos conhecimentos científicos produzidos.

Ao responder sobre como os conflitos de ideias são resolvidos na Ciência, Gael afirmou: “Acredito que conflitos de ideias deveriam ser resolvidos com diálogos, debates.”. Mais uma vez, identificamos o aspecto epistemologia (FC) devido ao fato de ele destacar processos (neste caso, os de comunicação).

A ideia de reprodutibilidade foi novamente mencionada quando ele discorreu sobre o desenvolvimento do conhecimento científico:

Não acredito que exista um caminho canônico para o desenvolvimento do conhecimento científico, porque a Ciência tem suas particularidades e suas necessidades que devem ser respeitadas. Assim, acredito que a característica fundamental dos estudos científicos seja a reprodutibilidade deles, o que nos leva à possibilidade de serem refutados.

Em tal resposta Gael também expressou o aspecto epistemologia (FC), pois destacou um critério relacionado ao processo de produção de conhecimentos científicos. Não apenas nessa resposta, mas nas dadas às duas questões anteriores, o critério reprodutibilidade foi manifestado. Tal fato nos chamou a atenção e talvez a importância dada por ele a tal critério possa ser atribuída principalmente às suas experiências em laboratórios de pesquisa, por exemplo, na área de Química Ambiental.

Aspectos diferentes dos anteriormente identificados foram evidenciados quando Gael respondeu sobre fatores que influenciam no desenvolvimento e uso de

conhecimentos científicos como: “Estudo e Esforço - Acredito que as pessoas associem genialidade à pesquisa científica. No entanto, não acredito que teríamos resultados se não houvesse esses pontos.”. Identificamos em sua resposta o aspecto inteligência (PC), visto que ele mencionou características intelectuais de um cientista de forma que seja possível pensar em cientistas com inteligência “regular”, isto é, não tendo uma inteligência fora do padrão (como a de um “gênio”). Como segundo fator, ele apontou: “Criatividade - Nem sempre temos os recursos necessários para fazermos estudos, assim se torna necessária a habilidade de improvisarmos para verificar teorias.”. Assim, identificamos mais um aspecto associado à Psicologia da Ciência, o de criatividade. Contudo, chamamos a atenção para o trecho “verificar teorias” que nos parece apontar para uma visão ingênua *sobre* Ciências, talvez até como reflexo de suas experiências em laboratórios de pesquisa. O próximo fator mencionado foi: “Diversidade, Coletividade e Diálogos - Existem estudos postados pela Nature que mostram que quanto mais pessoas diferentes se integram na busca das mesmas respostas, mais ricos serão os resultados.”. Isto possibilitou a identificação do aspecto interação entre cientistas (SC). Por fim, como último fator, Gael destacou:

Divulgação Científica - Acredito que seja necessário tornar público o conhecimento científico de uma forma clara e correta, porque a Ciência se beneficia do apoio popular (que pode inclusive cobrar de autoridades a disponibilização de recursos para dar prosseguimento nas pesquisas).

A primeira parte de sua resposta destaca objetivos e papéis de não especialistas (divulgadores científicos): divulgar conhecimentos científicos e ser mediadores de conhecimentos científicos. A segunda parte enfatiza objetivos e papéis do público em geral: se engajar com conhecimentos científicos e ser consumidores de conhecimentos científicos.

Gael já havia informado que havia tido dificuldade para responder a quinta questão, mas no portfólio ele informou que, de uma maneira geral, teve dificuldade em responder todas as questões:

Por fim, ressalto que o que tornou as respostas dadas a esse questionário extremamente complexas foi a inclusão de todas as formas de Ciências, e não somente as Exatas, as quais são normalmente consideradas como sendo o único tipo de Ciências “verdadeiras”. Uma vez que não possuo experiência concreta com as outras áreas das Ciências, gastei um bom

tempo tentando ser inclusivo nas minhas respostas. Mesmo assim, acredito não ter alcançado tal objetivo [E1-A1 – Portfólio 1].

Reconhecer que existem outras Ciências além das Exatas foi novidade para ele, o que nos parece coerente com uma visão ingênua *sobre* Ciências que ele pareceu apresentar ao mencionar “verificar teorias” em uma resposta anterior, além de estar alinhada às suas experiências em laboratórios de pesquisa.

### 6.3 Atividade 2: Mumificação é ou não Ciência?

Semelhante à atividade anterior, o objetivo desta também foi investigar as ideias iniciais dos FP *sobre* Ciências a partir de suas respostas a uma questão contextualizada por meio de um texto. Esta questão também foi respondida em aula (presencial), para que pudéssemos promover uma discussão com toda a turma apoiada nas respostas dadas por eles.

Quando perguntado sobre se a mumificação é ou não Ciência, Gael escreveu:

Sim. Uma parte importante da Ciência se dá a partir do conhecimento popular que muitas vezes é transmitido de forma oral de geração em geração. Assim, muitos desses conhecimentos quando são verificados por cientistas, são confirmados. Portanto, a mumificação seria sim Ciência, mesmo com elementos culturais atrelados a ela. Acredito que várias dessas etapas [apresentadas no texto – ver Apêndice D], mesmo que sagradas para eles, partiram de diversas observações e experimentações do cotidiano. Análoga a essa questão, para mim, são os conhecimentos dos índios brasileiros que eram transmitidos de forma meramente oral e eles se perpetuavam.

Identificamos o aspecto progressividade (HC) no trecho “muitos desses conhecimentos quando são verificados por cientistas são confirmados”, uma vez que Gael expressou a ideia de que processos como os de avaliação, revisão e validação de conhecimentos científicos ocorrem de maneira gradativa ao longo do tempo. Em outro trecho, quando ele explicitou que um mesmo conhecimento científico pode ser construído, interpretado e valorizado de maneiras diferentes, de acordo com as diferentes culturas, identificamos o aspecto incomensurabilidade (AC). Por fim, no último trecho, quando Gael mencionou os conhecimentos dos índios brasileiros e seus processos de transmissão, identificamos simultaneamente os dois aspectos anteriores: incomensurabilidade e progressividade.

Após os FP terminarem a atividade, P1, P2 e PQ promoveram uma discussão cujo objetivo não era chegar à conclusão de se a mumificação é ou não Ciência. Isto porque não existe uma resposta definitiva para tal questão, uma vez que qualquer resposta depende dos critérios utilizados e estes não são únicos. O objetivo da discussão era proporcionar um ambiente favorável para que eles expressassem suas ideias iniciais *sobre Ciências*.

Logo no início da discussão, após PQ fazer uma enquete sobre as respostas para a questão e começar a escutar a justificativa dos que a responderam negativamente, ela promoveu uma discussão sobre método científico:

**PQ:** Das três pessoas que responderam “não”, todas falaram sobre método científico. Com base no texto, se vocês tivessem que definir o que é método científico... o que vocês tão chamando de método científico?

[...]

**Gael:** Eu ia levantar essa questão também, porque acredito que esse método científico que a gente conhece foi proposto por Galileu Galilei. É justamente essa ideia de fazer uma observação científica, propor uma metodologia pra tentar chegar em uma lei no final dele. O problema é que esse método, de uma forma geral, é muito exclusivo pras Ciências “duras”, pras Ciências “de bancada”. Se a gente está falando de um outro tipo qualquer de Ciência, a gente não vai conseguir aplicar esse método científico. Até se a gente pegar na nossa área mesmo, a Quântica, não consegue porque ela não parte do experimento empírico pra chegar na observação. Muitas coisas foram deduzidas primeiro, antes até da gente ter o recurso pra fazer uma experimentação daquilo. Então, acho que a gente falar de método científico nesse momento para definir a mumificação como Ciência é uma coisa muito delicada, que eu não concordaria tanto assim. Eu tenho um problema pessoal com isso.

[...]

**PQ:** Então, com base nisso, existe só um método? Só esse método de Galileu Galilei é válido? Ou existem outros? Os outros são válidos? O que vocês acham?

**Gael:** Eu acho que têm muitos outros métodos que são válidos.

Nas falas de Gael ao longo dessa discussão, identificamos o aspecto epistemologia (FC) porque, de maneira geral, ele falou sobre como conhecimentos científicos são produzidos.

Ainda nessa discussão, ele afirmou:

Tem uma questão também que eu vejo e que me incomoda um pouco quando a gente vai debater a probabilidade de isso [mumificação] não ser Ciência, porque se a gente faz uma analogia dessa questão egípcia e traz pro Brasil, por exemplo, a gente tem toda uma cultura indígena baseada em Ciência que é transmitida por via oral. E muitas vezes as pessoas tentam desqualificar, porque eles [índios] não tinham aquela transmissão do conhecimento específico escrito. Então, eu acho que tem essa questão também que é trazida pra gente e como a gente vai falar de pessoas de culturas mais antigas, elas não tinham essa tradição da escrita. Então, a Ciência vai ser manipulada de alguma forma oral e muitas vezes a gente vai conseguir chegar nas explicações científicas justamente por mitos ou coisas populares que as pessoas usavam para transmitir a Ciência. Então, eu vejo todo esse ato religioso [apresentado no texto – ver Apêndice D] como análogo com o que os índios fazem. É análogo também com existir proibição de comer carne de porco pelos islâmicos, porque em algum momento eles entenderam que aquilo estava fazendo mal. Então, vamos colocar como impedimento religioso para que as pessoas cumpram isso e a gente consiga se proteger. Eu acho que tem muito dessa ideia de a Ciência nos proteger e nos proporcionar uma vida melhor. Então, se é a forma que eles acharam para propagar o conhecimento, eu acho que é completamente válido como Ciência.

Esta fala de Gael está alinhada com sua resposta escrita na folha da atividade. Logo, foi identificado novamente o aspecto incomensurabilidade (AC), visto que ele explicitou que um mesmo conhecimento científico pode ser construído, interpretado e valorizado de maneiras diferentes, de acordo com as diferentes culturas. Além disso, ele também mencionou os objetivos, papéis e modos de comunicação do público em geral: popularizar conhecimentos científicos, ser mediadores de conhecimentos científicos e linguagem verbal (neste caso, oral). Por fim, em concordância com sua resposta dada à primeira questão da Atividade 1, no trecho “a Ciência nos proteger e nos proporcionar uma vida melhor”, também identificamos o aspecto epistemologia (FC). Contudo, nessa resposta, ele apresentou uma ideia ampla em torno dos objetivos ao mencionar, em síntese, a qualidade de vida que a Ciência pode nos proporcionar.

Em seguida, ele complementou sua fala anterior:

Inclusive, aqui em nosso Estado, a gente tem muita essa questão, né?! Do conhecimento popular que a gente vai verificar e realmente acontece. Quem não conhece uma tia ou avó que tem um chazinho pra melhorar a dor de cabeça?...

Logo, o aspecto incomensurabilidade (AC) foi identificado mais uma vez porque sua fala destacou que culturas diferentes constroem, interpretam e valorizam conhecimentos científicos de maneiras diferentes.

Imediatamente à sua fala, aconteceu um pequeno diálogo:

**PQ:** Não sabe explicar...

**PI:** Mas, funciona...

**Gael:** É, aí, eu acho muito legal essa questão do não saber explicar. Que eu acho que foi o Hélio [integrante do G1] que levantou isso. A gente tem coisa hoje na Ciência que a gente utiliza, mas que a gente não sabe explicar. E nem por isso a gente desqualifica como Ciência, muitas vezes com um argumento de autoridade. Aí de repente as pessoas não buscam o porquê e, por isso, descaracterizam a Ciência.

Tal fala evidencia que conhecimentos científicos não são construídos de uma única vez e que seus processos de produção demandam um certo tempo. Por isso, identificamos, mais uma vez, o aspecto progressividade (HC).

Além das falas nas quais o aspecto incomensurabilidade (AC) foi categorizado, ele também o expressou em seu portfólio:

Gosto de pensar a Ciência como algo inclusivo. Nesse contexto temos que dar o devido valor para o que foi produzido de forma científica fora do formalismo acadêmico. Um exemplo claro disso são os saberes populares que possuem extrema relevância. Não podemos ignorá-los ou desvalidá-los [E1-A2 – Portfólio 1].

Dando continuidade à discussão, PQ destacou algumas palavras do texto e pediu para que os FP falassem o que eles pensavam sobre elas:

**PQ:** É, o Gil [integrante do G3] falou uma coisa interessante, que quando ele vê essa palavra processo, ele pensa em experimento. Então, processo sempre vai tá relacionado a experimento? O que vocês acham?

[pequena pausa]

**PQ:** Ou sempre vai ter que ter um experimento pra ser considerado um processo? Ou não necessariamente?

**Gael:** Eu acho que o processo se distancia do experimento em si, porque experimento é uma coisa que, sendo óbvio, vai experimentar. E o processo não. Processo já parte de uma coisa que já foi experimentada e a gente sabe que dá certo. E aí eu acho que reduz um pouco essa ideia de poder dar erro. Você entra num laboratório pra fazer um experimento, tá um pouco tenso, não sabe exatamente o que está fazendo. Agora alguém te entrega um procedimento padrão... que já foi feito, aí você fala: “não, isso aqui não dá errado não, todo mundo já fez”. Então, eu acho que o processo tem um pouco dessa ideia de ser uma coisa mais metódica e que é repetitiva, até assim, que não é tão nova e que, por isso, não tem esse cuidado.

[...]

**Gael:** No meu colégio, a gente tinha que escrever uma Tese e uma galera avaliava a gente. Eu tinha um professor de Filosofia que sempre falava do peso das palavras. Aí as vezes eu fico criando uns pesos onde não tem.

Quando Gael mencionou a existência de erros na Ciência, identificamos o aspecto falibilidade (PC). Além disso, em sua última fala, ele evidenciou que, de fato, teve uma formação diferenciada com relação à disciplina Filosofia.

PQ fez o mesmo com outras palavras, por exemplo, relacionadas ao tempo em que o corpo ficava repousando em um recipiente com água e sal (70 dias) no Antigo Egito. Em um dado momento, Gael demonstrou que eles (FP) estavam engajados na discussão e que ela estava os fazendo pensar ao afirmar: “Vocês estão procurando um jeito de ‘derreter’ o nosso cérebro [como apresentado no texto – ver Apêndice D].”. Apesar de não ter sido apresentado neste estudo de caso, durante a discussão, frequentemente os FP se engajaram visando complementar as ideias dos colegas ou discordar delas. Mais à frente Gael falou o que tinha pensado quando leu a expressão “70 dias” (que remetia a tempo) no texto:

Eu acho que pra gente na Química é particularmente importante. Quando a gente pensa, por exemplo, num processo que é espontâneo ou não... uma das coisas que os professores de Cinética sempre falam de uma forma geral é: “você está me falando da espontaneidade, e o tempo? Como ele entra nessa questão?”. Eu acho que tem algumas coisas que, na Ciência, o tempo é fundamental. Por exemplo, a gente começa a estudar Física justamente pela cinemática. O que é a velocidade se não o tempo sendo aplicado de várias formas diferentes pra gente conseguir chegar numa conclusão sobre o que é o movimento? Então, eu vejo que você ter consciência do que é o tempo, de uma forma geral, te ajuda a ter noção do que é uma quantidade, que essa quantidade existe de forma diferente, e que isso vai influenciar no seu método, no seu sistema. Então, num dado momento, eu acredito que tem esse estalo: “ah se a gente tá falando tempo, eu vou ter que medir quantas vezes o sol vai passar no céu”. E de repente isso tem até um pouco a ver com sazonalidade da agricultura, que os egípcios também tinham. Então, sei lá... me mostra que tem uma intencionalidade maior até pra argumentar que isso é Ciência de fato.

Aqui identificamos, novamente, o aspecto epistemologia (FC), visto que ele apresentou ideias em relação ao tempo em torno dos objetivos, critérios e processos de construção de conhecimentos científicos.

Em seu portfólio, essas ideias foram complementadas:

O debate guiado me chamou a atenção para alguns termos presentes ao longo do texto. Esta com certeza foi a parte mais surpreendente para mim, pensando no quanto podemos extrair de um texto ao analisarmos palavras específicas presentes nele. As duas palavras que com certeza mudaram minha percepção ao final do debate foram:

- i. Objetivo, essa palavra me levou à percepção de que não existe nenhuma pesquisa científica se não tivermos um objetivo, mesmo que este seja exploratório. É uma ideia que nunca me questionei sobre e, ao refletir sobre isso depois da aula, me dei conta de que em um trabalho científico canônico sempre expressamos de forma explícita os objetivos que temos ao longo dele; e
- ii. 70 dias, em um primeiro momento confesso que não entendi a discussão que surgiria em cima deste termo, mas logo me dei conta de se tratar de uma das unidades de medida fundamentais com a qual trabalhamos nas Ciências, o que poderia muito bem reforçar o caráter científico do texto. No entanto, o mais surpreendente veio a partir de uma segunda consideração sobre o termo. Ao tentar sair da minha visão enviesada pela minha vivência no meio científico, percebi que ele poderia significar algo místico para os egípcios, talvez um número sagrado que justificaria aquele procedimento. Ao levantar essa consideração, percebi que precisaríamos de mais informações sobre o processo para chegar a uma conclusão [E1-A2 – Portfólio 1].

Nela, também identificamos o aspecto epistemologia (FC), mais especificamente no item (i) e no início do item (ii), quando Gael refletiu sobre o tempo em torno dos objetivos e da necessidade de eles existirem para construção de conhecimentos científicos. Nessa reflexão, também nos chamou a atenção o trecho “ao tentar sair da minha visão enviesada pela minha vivência no meio científico”, por corroborar nossas suspeitas com relação às influências exercidas por suas experiências em laboratórios de pesquisa em sua visão *sobre* Ciências.

Próximo de finalizar a discussão, P1 fez uma pergunta, que favoreceu a expressão de outras ideias de Gael:

**P1:** É, se a gente pensar nessas palavras que a PQ destacou, a questão do tempo, do objetivo, a questão de acreditar, inventar, estudar, descobrir, pensar em etapas, em processos... Tendo pensado nessas palavras separadamente, muda a resposta que vocês deram antes [na folha da atividade] sobre se a mumificação é Ciência ou não?

[...]

**Gael:** Eu fiquei com uma dúvida ao longo dessa discussão, justamente por causa desse peso das palavras e tudo mais. E já é uma coisa que vem há um tempo [desde o Ensino Médio, como apresentado anteriormente]. A minha dúvida é basicamente a seguinte: nesse caso específico, eu consigo dividir as palavras que foram destacadas em dois

grupos. Eu penso no acreditar, no inventar e no descobrir, como tentativa de dar uma “impessoalidade” para o texto. Porque em algum momento a gente aprendeu que a Ciência é impessoal. Então, eu fico me perguntando qual é a influência dessas palavras de acordo com o texto que foi escrito. Porque pra mim são marcas claras de você trazer a “impessoalidade”, tentar trazer a sua opinião sobre o texto, enquanto processo, estudo, etapas, essas coisas todas, elas são mais relativas à metodologia de execução no laboratório. E aí, uma coisa que eu fico me perguntando é: “esses ‘pegadinhos’, eles foram feitos realmente para dar uma ‘impessoalidade’ pro texto?”. Porque a gente aprende que a Ciência tem que ser impessoal, mesmo ela não sendo.

**PQ:** Isso que eu ia perguntar: a gente aprende que ela tem que ser impessoal. Mas, quem produz Ciência?

**Gael:** Inclusive uma discussão muito boa nessa parte de Divulgação Científica é: se a gente fosse levar em consideração que tudo altera o ambiente, a gente faria o mesmo experimento usando cada dia uma blusa diferente. Porque a blusa ia alterar o ambiente. Então, eu fico me perguntando justamente isso: “qual a importância da ‘impessoalidade’ na hora de escrever esses textos?”.

[...]

**P1:** A PQ pensou e destacou essas palavras para provocar discussão. O jeito que foi escrito e que as ideias foram apresentadas tinha realmente o objetivo de favorecer a discussão.

**Gael:** Vocês querem “derreter” o cérebro das pessoas.

Na primeira fala de Gael, identificamos, mais uma vez, o aspecto epistemologia (FC), quando ele destacou processos, por exemplo, ao relacionar algumas das palavras “à metodologia de execução no laboratório”, ou seja, ao mencionar como conhecimentos científicos podem ser produzidos. Tal relação direta com o ambiente laboratório pode ter sido estabelecida devido às suas experiências em laboratórios de pesquisa. Em sua segunda fala, ele destacou o papel da subjetividade na Ciência, o que justificou a identificação do aspecto subjetividade (PC). Por fim, mais uma vez, a partir de sua última fala neste diálogo, Gael nos apresentou evidências de que a atividade, principalmente esta parte de pensar nos significados das palavras destacadas e repensar a resposta dada anteriormente, colocou os FP para pensar.

O aspecto subjetividade (PC) também foi identificado no portfólio de Gael:

Ao concluirmos a atividade, acredito que algumas questões ficaram em aberto para mim. Ainda não consegui encontrar respostas claras para elas: Até onde vai o caráter impessoal da Ciência? Podemos produzir um trabalho científico sem a influência das nossas opiniões e vivências? – Essas perguntas são motivadas pelos grupos de verbos na terceira pessoa do plural que a PQ evidenciou ao longo do texto. A meu ver,

muitos deles ao serem analisados tinham conotações de “pessoalidade” em algum grau [E1-A2 – Portfólio 1].

#### 6.4 Atividade 3 – Modelagem: Como Funciona um Controle Remoto?

Esta e as duas próximas atividades tiveram como objetivo não apenas introduzir aspectos de NdC de maneira contextualizada, explícita e integrada, como sugerido por Santos, Maia e Justi (2020) no MoCEC v.2, como também investigar os conhecimentos dos FP relacionados à NdC a partir da vivência deles em situações de ensino autênticas. A partir deste momento da disciplina, os 13 FP de Química foram organizados em três grupos, divididos como informado no capítulo anterior.

Como objetivo específico, esta atividade visou promover a tomada de consciência por parte dos FP com relação à existência de alguns aspectos de NdC a partir da vivência deles em práticas científicas e epistêmicas análogas às que cientistas vivenciam. Para isto, optamos por utilizar uma sequência de atividades de modelagem, uma vez que esta abordagem de ensino engloba uma série de outras práticas científicas como as relacionadas à investigação, experimentação, argumentação e visualização, utilizadas na produção de conhecimentos científicos. Portanto, ao participar de atividades baseadas em tal abordagem, os FP poderiam se conscientizar da existência de alguns aspectos de NdC e, conseqüentemente, ampliar suas visões *sobre* Ciências.

No início da aula, P1, P2 e PQ solicitaram que os FP não buscassem informações na Internet, visto que isto poderia comprometer o desenvolvimento da atividade, que era de natureza investigativa.

Na Parte A (Construindo o conhecimento de uma maneira diferente), os FP tiveram que propor modelos que explicassem o funcionamento de um controle remoto de TV. Além disso, eles tinham que explicar, por escrito, todas as características do modelo proposto. Esta parte da atividade se relaciona principalmente às etapas de criação e expressão do proto-modelo.

P1, P2 e PQ disponibilizaram tempo suficiente para que os FP elaborassem e explicassem seus modelos. Além disso, elas passaram pelos grupos para se certificar da compreensão do objetivo da atividade, tirar dúvidas e favorecer discussões entre os membros de cada grupo. Tal comportamento se repetiu em todos os momentos em que os grupos estavam envolvidos em alguma tarefa ao longo de toda a atividade.

Durante o desenvolvimento desta primeira parte, Gael fez alguns questionamentos, como: “Mas o que é um modelo? Como que a gente vai...? Porque o modelo é um... é alguma coisa que a gente consiga apresentar pras pessoas... uma ideia, né?! Então, essa palavra modelo que me chamou a atenção.”. Entendemos que tais questionamentos se originavam de dúvidas sobre o significado que estava sendo atribuído por ele à palavra modelo.

Após o término da atividade, P1 solicitou que eles socializassem seus modelos para a turma. Este foi um momento em que o modelo de um determinado grupo pode influenciar outro grupo a modificar, ou mesmo abandonar seu modelo inicial. Além disso, também foi um momento em que os colegas da turma puderam apontar incoerências nos modelos dos outros grupos. O objetivo era que eles analisassem e discutissem porque cada modelo era mais, ou menos, adequado para explicar o funcionamento de um controle remoto de TV. A partir desta discussão, P1 ressaltou a possibilidade de existência de múltiplos modelos para explicar uma mesma situação e que um modelo pode ser mais adequado do que o outro, mas que isso não significa que um seja mais “certo” do que o outro.

Com relação aos diversos modelos criados e expressos para um mesmo objetivo, em seu portfólio, Gael informou que:

Quando os modelos foram apresentados pela primeira vez, me dei conta de que todos eles seguiam pelo mesmo caminho, que todos traziam mais ou menos as mesmas hipóteses. Mesmo com tantas semelhanças, cada grupo deu ênfase maior em um dos elementos do modelo, o que permitiu ver a influência da nossa vivência durante o “fazer Ciência”. Essa experiência me dá algum subsídio que poderia responder uma das perguntas que propus no Portifólio 1, a Ciência não só é pessoal, ela é influenciada pelo que vivenciamos diariamente. Acredito que se esse mesmo experimento fosse repetido em diferentes universidades do país, com grupos amostrais semelhantes, ficaria cada vez mais evidente que o princípio científico está ali, mas com as mais diversas abordagens. Isso me leva a questionar, mais uma vez, quão obsoleto é o ensino de Ciências que, muitas das vezes, torna grupos de estudantes diferentes em massas homogêneas, o que deve sim gerar prejuízos à educação [E2-A3 – Portfólio 2A].

Quando ele mencionou o questionamento que havia levantado em seu portfólio anterior, identificamos o mesmo aspecto que havia sido identificado antes: subjetividade (PC). No trecho relacionado à reprodutibilidade de experimentos, assim

como foi feito nas respostas dadas na Atividade 1, identificamos o aspecto epistemologia (FC), pois ele se relaciona a um critério do processo de produção de conhecimentos científicos. Por fim, como o final de seu texto se relaciona a contexto de aprendizagem, identificamos que ele expressa sua crença de que o processo de ensino deva promover a integração entre estudantes que apresentem ideias diferentes.

No que se refere à essa parte da atividade, ele também nos informou em seu portfólio que:

A discussão que se seguiu às apresentações dos modelos foi bem enriquecedora e, a meu ver, trouxe um questionamento incrível que era, mesmo sem contato direto com uma TV e seu controle, devido a experiências passadas, fomos capazes de criar um modelo. Isso reforça a possibilidade de concluir que às vezes a experimentação direta na Ciência não é possível e as observações passadas, as vivências, e raciocínio lógico-científico podem ser usados [E2-A3 – Portfólio 2A].

No último trecho, identificamos tanto os aspectos epistemologia quanto lógica (FC). O primeiro aspecto foi identificado quando Gael destacou possíveis processos de produção de conhecimentos ao se referir, por exemplo, a experimentações, observações e vivências; e o segundo quando ele mencionou a maneira de pensar e raciocínios relacionados à construção de conhecimentos científicos. Salientamos que o trecho “a possibilidade de concluir que às vezes a experimentação direta na Ciência não é possível” parece uma evidência de que, apesar de suas experiências em laboratórios de pesquisa, sua visão *sobre* Ciências estava deixando de ser ingênua como ele havia demonstrado anteriormente.

Na Parte B da atividade (Testando nossos modelos), os FP tiveram que testar os modelos propostos na parte anterior ao tentar utilizá-los para explicar cinco condições às quais o controle remoto de TV poderia ser submetido. Se a partir dos modelos propostos eles conseguissem explicar as cinco condições, eles teriam que explicitar como isso ocorria e propor uma maneira de convencer os demais grupos de que seus modelos eram os mais adequados. Caso contrário, seria necessário reformular os modelos ou elaborar outros. Além disso, de posse desses “novos” modelos, reformulados ou totalmente diferentes dos anteriores, eles deveriam propor uma maneira de convencer os demais grupos de que tais modelos eram mais adequados para explicar as cinco condições.

Quando o grupo de Gael testava o modelo proposto anteriormente, ele fez a seguinte constatação: “Tá, beleza! Mas eu acho que isso é uma falha do modelo. Acho que em momento nenhum a gente discutiu qual é a importância da televisão tá ligada, na tomada.”. Tal dificuldade de expressar o óbvio foi observada em todos os grupos.

Ainda nessa parte da atividade, Gael e Lara demonstraram que a atividade despertou a curiosidade deles, o que, a nosso ver, contribuiu para seus engajamentos intensos em sua realização:

**Lara:** Mas agora eu quero saber a resposta do...

**Gael:** O que?

**Lara:** ...como o controle de TV funciona.

**Gael:** É claro que quando a gente chegar em casa vai procurar, né?!

**Lara:** Eu fico muito curiosa com esse tipo de coisa assim.

Ao término dessa parte da atividade, P1 solicitou novamente que eles socializassem seus “novos” modelos para a turma, para que os colegas pudessem identificar incoerências nos modelos dos outros grupos que não haviam sido apontadas anteriormente.

Ao socializar o “novo” modelo do G2 para a turma, Lara explicou que o grupo havia adicionado a representação de uma tomada ao modelo anterior. Ela também destacou que existir uma tomada era óbvio para eles, mas que a adicionaram para conseguirem explicar a primeira condição. Em seguida, Gael complementou a fala de sua colega: “O óbvio tem que ser dito, é preciso ligar a televisão na tomada.”, e ela concordou com ele. Telma, destacou que foi frustrante tomar consciência de que eles não haviam pensado em algo que, segundo ela, era tão bobo: ter que ligar a TV na tomada para que, ao apertar o botão de seu controle remoto, ela ligasse. Pensando por outra perspectiva, Gael disse:

Eu acho que dá também uma felicidade, assim... Porque a gente tinha um caminho bom que a gente tava seguindo, e foi um trabalho em grupo porque... eu não pensaria em falar da bateria do controle, mas alguém do grupo pensou. Como teve esse diálogo, essa troca, eu acredito que de alguma forma a gente conseguiu completar e eu fiquei feliz com o resultado. Eu até falei com as meninas: “estou feliz com o resultado”. Fiquei feliz também que a gente conseguiu trabalhar todo mundo como uma equipe. Todo mundo achou um lugar pra colocar aquilo ali. Então,

eu fico mais feliz do que realmente chateado por a gente ter cometido uma falha. Acho que falhar faz parte.

Em sua fala, ele destacou a importância do trabalho em grupo. Algo interessante a se ressaltar é que não apenas o grupo do qual Gael fazia parte, mas também os outros dois demonstraram ter efetivamente trabalhado em grupo. Por exemplo, na primeira socialização, Fran, Gael e Vítor apresentaram os modelos iniciais de cada grupo, enquanto na segunda isto foi feito por Hélio, Lara e Isis. Este revezamento do protagonismo nos momentos de socialização foi algo que partiu dos FP. A nosso ver, isto demonstra o envolvimento deles no desenvolvimento da atividade como um todo.

Após os integrantes do G2 terem expressado seus sentimentos com relação ao fato de não terem representado a tomada da TV no primeiro modelo, P1 comentou que a expressão do óbvio é importante e, muitas vezes, era o mais difícil de fazer. Isto vai ao encontro da visão de John Gilbert, que foi especialista e é considerado uma referência em utilização de modelagem na Educação em Ciências: “[...] por um lado, uma ideia significativa deve ser óbvia e claramente expressa, por outro, deve fazer as pessoas pensarem sobre e a partir dela.” (JUSTI, 2020, p. 496, tradução nossa)<sup>51</sup>.

Em um dado momento da discussão, Vítor, integrante do G3, questionou P1 se ele poderia ter falado que havia um duende dentro do controle remoto de TV para explicar seu funcionamento (ideia que já havia sido proposta por Gael, mas apenas para suas colegas de grupo). Neste momento todos os FP riram. Em seguida, P1 respondeu que Vítor poderia ter criado e expressado um modelo que tivesse um duende dentro do controle remoto de TV. Ela disse ainda que, a partir de tal modelo, ele seria capaz de explicar muitas condições (como as apresentadas naquela parte da atividade), mas que chegaria um momento em que com aquele modelo ele não seria mais capaz de explicar.

Gael não compartilhou sua proposta com o restante da turma, mas fez isto em seu portfólio:

Embora essa etapa tenha sido complementar às demais, acredito que o maior ponto positivo foi a discussão que se seguiu sobre a possibilidade de um modelo fantasioso, no qual um duende seria o responsável pelo fenômeno observado. Um modelo desse poderia passar por vários testes

---

<sup>51</sup> Original em inglês.

até que se provasse falso. Em uma situação de sala de aula, esse tipo de modelo pode ser encontrado e deve ser trabalhado com os estudantes de modo a acrescentar na percepção científica. Outro ponto levantado no final da aula foi a possibilidade de um estudante achar explicações em outras áreas, diferentes das Ciências Exatas, durante a elaboração do modelo, o que também não seria um problema.

Gosto de ver como a modelagem é uma ideia inclusiva que nos dá recurso para conversar e dividir com estudantes ideias científicas que podem ser de difícil compreensão. Porém, não sei se pelo meu background, sinto que ainda devo entender melhor como funciona um modelo para que possa começar a pensar em aplicá-lo em situações didáticas. Vejo que cada vez mais essa disciplina busca nossa independência ao nos dar várias interpretações de um mesmo objeto sem nunca dar uma resposta final. Estou ansioso para saber como estarei mudado no final desse processo de aprendizagem [E2-A3 – Portfólio 2A].

Parece que ele registrou tal ideia em seu portfólio para dar força à afirmativa que fez no segundo parágrafo com relação à modelagem ser um recurso didático. Diante disso, categorizamos os conhecimentos sobre tal recurso tanto como CPed quanto como cPCK que se transformaram em pPCK, ou pPCK que se originaram do cPCK, conforme apontando por Carlson e Daehler (2019) no MCR. Isto porque estes foram conhecimentos de NdC construídos e compartilhados coletivamente por P1 e os sujeitos participantes da pesquisa. Logo, estes mesmos conhecimentos foram desenvolvidos por ele durante sua participação na disciplina (como apresentado no tópico referente à Atividade 8).

O trecho “devo entender melhor como funciona um modelo” deixa claro que Gael reconhecia a importância de entender o significado atribuído à tal palavra como mencionado em outros momentos. Na sequência, quando escreveu “para que possa começar a pensar em aplicá-lo em situações didáticas”, ele demonstrou ter a intenção de fazer isto (como de fato fez, pois seu grupo propôs uma atividade de ensino envolvendo modelagem na Atividade 8). Além disso, suas duas frases finais vão ao encontro da hipótese apresentada nesta Tese de que é essencial que FP de Ciências tenham oportunidades de vivenciar situações de ensino que sejam mais próximas da Ciência para que possam desenvolver conhecimentos necessários para ensinar a partir de tal perspectiva de educação.

Em meio à essa discussão, P1 ressaltou que os testes são fundamentais para se analisar um modelo, visto que eles podem ajudar a repensar elementos que devem ser reformulados em modelos iniciais ou até mesmo chegar ao consenso de que é necessário elaborar outros modelos. Ela também questionou os FP se seria possível elaborar um

único modelo a partir dos que foram propostos inicialmente e/ou modificados e, em caso afirmativo, como isso poderia ser feito. Tal questionamento favoreceu uma discussão sobre a aceitação de um modelo depender de uma dada comunidade científica, o que geralmente acontece após a realização de testes, assim como sobre a elaboração de um modelo consensual da turma.

Para finalizar, na Parte C (Utilizando o modelo em outra situação), os FP tiveram que avaliar a abrangência e as limitações de seus modelos atuais quando utilizados para explicar o funcionamento geral de um controle remoto de portão eletrônico.

Quando os FP terminaram a atividade, P1 promoveu uma discussão que favoreceu a apresentação e justificativa de suas ideias em relação às questões, com destaque para a abrangência e as limitações de seus modelos quando utilizados na nova situação. Salientamos que ao longo de todas as partes da atividade, visando contribuir para que os FP desenvolvessem visões mais amplas *sobre* Ciências, P1 favoreceu que eles tomassem consciência tanto de alguns aspectos de NdC quanto do próprio processo de modelagem. Para isto, nos dois momentos de socialização e nesta última discussão, ela fez questões (por exemplo, para elaborar um modelo, os cientistas precisam ser criativos? Se sim, por quê? Se não, por quê?) que enfatizavam não apenas os aspectos de NdC vivenciados pelos FP ao participar da atividade (por exemplo, criatividade (PC)), como também reflexões sobre o significado e a importância das etapas do processo de modelagem vivenciadas por eles (metamodelagem).

Em um certo momento da discussão, P1 destacou outro aspecto de NdC (interação entre cientistas (SC)), ao perguntar aos FP se havia sido muito complicado trabalhar em grupo com pessoas que eles não conheciam. Eles responderam que não tiveram problemas em trabalhar em grupo com pessoas desconhecidas. Nesse mesmo contexto, Gael afirmou:

Tem uma reportagem da revista Nature em que cientistas abordam qual é a vantagem de você ter pensamentos diferentes no mesmo grupo. Como vocês introduziram a aula falando que os grupos eram formados por pessoas com características diferentes, eu acredito que deu pra gente validar essa hipótese apresentada na revista. Porque cada um aqui contribuiu com a experiência que é diferente de cada um. Eu acho que é uma coisa que pode dar muito errado, se realmente acontecer um tipo de atrito, alguma coisa assim. Mas, eu acho que quando você aprende a

trabalhar essas coisas todas é vantajoso pro grupo de uma forma geral, e isso é colocado para grupos de pesquisa. Então, por que você ter um grupo de pesquisa com mulheres e homens, pessoas de etnias diferentes, pessoas de países diferentes, sexualidades diferentes é vantajoso? Porque cada uma dessas pessoas vai conseguir contribuir de uma forma geral.

Identificamos nesta fala os aspectos epistemologia (FC), quando ele afirmou que pôde validar a hipótese apresentada na reportagem da revista mencionada, fazendo uma generalização com relação ao processo de validação de conhecimentos científicos; e interação entre cientistas (SC), quando ele estabeleceu uma relação com o que leu na referida reportagem com o modo como os grupos foram organizados e trabalharam naquela atividade.

Em seu portfólio, ele mencionou novamente essa reportagem:

O editorial da revista Nature de junho de 2018 propôs uma discussão sobre os benefícios que grupos de pesquisa podem ter ao diversificar ao máximo seus integrantes. Após ler esse texto, me dei conta de vários exemplos de sucesso que corroboravam a tese apresentada. Desde então, procurei formas de como poderia utilizar essa informação na minha vida profissional. Ao ser informado sobre o critério para a divisão dos grupos, logo me dei conta de que essa experiência poderia ser um caminho para entender como aplicar essa ideia no meu cotidiano. Nesse contexto, a primeira impressão que tive ao encontrar com meu grupo foi que poderíamos elaborar um trabalho incrível, desde que conseguíssemos respeitar a individualidade e dar espaço para todos. Assim, decidimos primeiro conversar sobre o enunciado do problema proposto e ver se todos nós estávamos de acordo com o que a tarefa pedia. Em seguida, o grupo discutiu como seria o funcionamento do controle remoto de TV, para então se dividir e elaborar o texto explicativo, bem como uma representação gráfica para nosso modelo. A partir daí, cada integrante do grupo ficou responsável pela parte que tinha maior afinidade. Depois reunimos o trabalho feito para ver se o conjunto estava complementar.

Durante a execução desse trabalho pude perceber que cada um de nós, além de um ponto forte que colaborava para o bom andamento do trabalho, tinha um ponto fraco que era coberto por conhecimentos e aptidões de outro integrante [E2-A3 – Portfólio 2A].

Visto que ele não só reafirmou a relação estabelecida com o que havia lido na reportagem com o modo como os grupos foram organizados e trabalharam, mas também detalhou sua percepção da importância de diferenças a partir do que vivenciou em seu grupo, identificamos novamente o aspecto interação entre cientistas (SC).

Em outro momento da discussão, Gael fez uma pergunta a partir do que uma colega, integrante do G1, havia falado:

A Fran falou que lei seria diferente de modelo. Mas, isso é verdade? Porque eu penso, por exemplo, quando a gente tá falando de Física, de movimento, a gente parte de um modelo mais simples que é o movimento retilíneo uniforme. Dele você gera algumas leis. Essas leis, elas vão ficando cada vez mais complexas. Mas é o modelo que gerou uma lei, e ela funciona para aquele caso. Então, qual é a diferença de lei e modelo? Eles são diferentes mesmo?

P1 respondeu que sim, modelos e leis são diferentes e explicou que era comum pensar que modelo era apenas uma representação. Em seguida, ela deu vários exemplos de modelos como maquetes, equações matemáticas e gráficos, e falou também que alguns daqueles exemplos envolviam relações entre variáveis. Por fim, ela destacou que a visão de modelo como representação é aceita, porém, limitada e que, por aquele motivo, ela adotava em seu Grupo de Pesquisa a visão de modelo como artefato epistêmico, ou seja, como algo que ajuda a pensar. Nesse sentido, P1 destacou que o modelo é a ideia que é elaborada em nossas cabeças.

Em seguida, Gael deu indícios de que continuava desenvolvendo o significado que atribuía à palavra modelo:

É como se a gente pensasse, por exemplo, na teoria das ideias de Platão. Aquilo ali é o modelo dele. A representação do modelo é ele desenhar a caverna e mostrar os níveis mesológicos que estão presentes ali. Então, o modelo pra gente é basicamente uma coisa que vai ser a ideia. Qualquer coisa que a gente fizer a partir daquilo ali, a gente já fugiu... a gente tá tentando expressar esse modelo.

Identificamos o aspecto epistemologia (FC) nesta discussão sobre a diferença entre modelos e leis porque ele discorre sobre como um tipo de conhecimento científico (lei) pode ser produzido (a partir de modelos). Este resultado, apesar de ser analisado à luz de aportes teóricos e metodológicos diferentes dos estudos apresentados em nossa revisão de literatura, é semelhante ao encontrado em outros estudos (como BEKTAS; EKIZ; TUYSUZ; KUTUCU *et al.*, 2013; FAIKHAMTA, 2013; MESCI, 2020). Segundo os autores supracitados (e BUGINGO; YADAV; MUGISHA; MASHOOD, 2022), é comum a visão hierarquizada envolvendo lei, teoria e modelo e que ela tende a ser resistente à mudança.

Ainda com relação ao significado atribuído por Gael à palavra modelo, ele também nos informou em seu portfólio que:

Dessa etapa, o ponto mais positivo, de certo, foi começar a entender a ideia do que é de fato um modelo. Fiquei muito impressionado com o debate que se seguiu à essa etapa, tivemos a oportunidade de sermos apresentados à ideia do que é a modelagem a nível científico, e também como recurso didático. De certo, a compreensão do que é um modelo ainda não me é extremamente clara, porém alguns pontos importantes podem ser levantados após o debate:

- i. Sendo um apaixonado por DC, passei a perceber o poder da representação de um modelo para propagar ideias.
- ii. Em cinco anos de universidade, eu nunca me senti tão motivado a sair de uma aula e pesquisar algo, justamente porque foi a primeira vez que me senti protagonista no meu processo de aprendizagem [E2-A3 – Portfólio 2A].

No primeiro trecho, quando ele compreende a modelagem como um recurso didático que foi utilizado na disciplina para introduzir aspectos de NdC, categorizamos CPed. No segundo trecho, quando chamou a atenção para o poder da linguagem pictórica, Gael estava destacando um dos modos de comunicação de não especialistas (divulgadores científicos). No terceiro e último trecho, ele explicitou uma de suas crenças sobre os processos de ensino e de aprendizagem ao valorizar o protagonismo do estudante, neste caso ele (em formação inicial), em seu processo de aprendizagem. Ademais, chamamos a atenção para o fato de ele ter explicitado claramente tanto que é um apaixonado pelo campo de DC – evidenciando seu interesse e justificando seus conhecimentos prévios sobre tal campo; quanto que nunca tinha se sentido tão motivado em uma aula a ponto de sair dela pensando em pesquisar sobre o que havia sido discutido – o que mostra mais uma vez seu engajamento na disciplina.

Com relação às etapas que os FP vivenciaram ao participarem de atividades de modelagem, Fran, integrante do G1, falou:

Eu acredito que hoje seria mais para a gente entender um pouquinho desse processo de “fazer Ciência”, de a gente começar a pensar num cientista quando ele vai começar a estudar alguma coisa. Às vezes ele parte do nada e tem que imaginar como as coisas funcionam, tem que testar. Então, a gente tá fazendo um pouquinho do que o cientista faria. Eu acho que o objetivo dessa atividade é que nós também possamos nos sentir cientistas de qualquer área, desde que a gente cumpra esse papel de investigar, testar, ver se tem algum sentido e tem alguma validade.

Ao mencionar etapas do processo de modelagem com suas próprias palavras, Fran mostrou que, de maneira geral, o objetivo da atividade foi alcançado, uma vez que

participar dela possibilitou aos FP uma vivência análoga à de cientistas. Logo, de maneira coerente com a própria natureza da atividade, Gael e todos os seus colegas se envolveram na vivência dos aspectos de NdC ao invés de expressá-los em termos de conhecimentos generalizados. Por este motivo, a maioria dos trechos apresentados neste tópico são oriundos do segundo portfólio redigido por nosso sujeito de pesquisa.

Isto também foi evidenciado quando P1 ressaltou que aquelas atividades tinham múltiplos objetivos: favorecer tanto a vivência do processo de “fazer Ciência” a partir do EFM, pois a modelagem é um dos processos de produção de conhecimentos científicos, quanto a transposição daquela vivência quando de suas futuras atuações na Educação Básica. Ela também destacou que, por isso, a atividade tinha sido proposta envolvendo um contexto cotidiano que não tinha relação direta com a Química, para que eles a vivenciassem de forma mais autêntica, sem simplesmente utilizar conhecimentos químicos prévios.

Por fim, chamamos a atenção mais uma vez para o engajamento dos FP nesta atividade, visto que a discussão final excedeu o horário de término da aula, mas eles permaneceram até o final, sem pressa. Felizmente, essa atividade foi desenvolvida na segunda e última aula presencial da disciplina, pois teria sido praticamente impossível adequá-la para ser desenvolvida de maneira remota.

#### **6.5 Atividade 4 – Caso Histórico: Marie Curie**

Esta atividade teve como objetivo específico promover o pensamento crítico dos FP *sobre* alguns aspectos de NdC a partir de parte da história de Marie Curie. Para isto, optamos por utilizar um caso histórico, uma vez que tal abordagem de ensino nos possibilita promover uma reflexão sobre alguns aspectos a partir de uma história que se deu em um contexto científico. Assim, os FP poderiam refletir principalmente sobre aspectos históricos e antropológicos (mais especificamente, o aspecto influência cultural), cuja discussão não foi favorecida na atividade anterior, ampliando suas visões *sobre* Ciências.

Na Parte A, os FP tiveram que assistir recortes do filme “Madame Curie” (LEROY, 1943) que retratam dificuldades que ela enfrentou ao longo de sua vida pessoal e acadêmica, tanto no que diz respeito ao seu lugar enquanto mulher na sociedade e na

Ciência, quanto como cientista, em decorrência dos estudos relacionados ao elemento químico Rádio. Para isto, como esta e as próximas aulas foram remotas, enviamos via e-mail, sete dias antes da aula, o comando da atividade. Este continha um link que dava acesso aos 10 recortes que eles deveriam assistir para registrar, em um quadro, as principais ideias apresentadas em cada recorte e quais aspectos lhe chamaram a atenção em cada um deles. Os FP nos enviaram os quadros preenchidos, também via e-mail, dois dias antes da aula, para que tivéssemos tempo de prepará-la com as informações contidas neles. Assim, diferentemente da anterior, esta atividade como um todo foi desenvolvida em casa e individualmente. Na sequência, apresentamos e discutimos todos os registros de Gael que foram categorizados, recorte por recorte, bem como algumas informações que julgamos importantes para explicitar seus CCon.

O primeiro recorte retrata uma aula com o professor Poirot na Sorbonne, em que Marie é a única mulher presente no auditório. Os aspectos que lhe chamaram a atenção foram: a “ideia de solidão vivida por Marie como experiência intrínseca do ‘fazer Ciência’”, a qual relacionamos com uma visão de cientistas como seres antissociais (que não têm amigos, marido/esposa, filhos etc.); a “predominância de homens na sala, mesmo que os takes coloquem Marie em evidência”, em que identificamos o aspecto influência cultural (AC), evidenciado pelas questões de gênero, o que explica a ausência de mais mulheres nos cursos de Ciências Naturais naquela época; e “os adjetivos usados para descrever Marie são contrários aos que normalmente são atribuídos a cientistas: jovem (2x), pobre e bonita”, os quais também relacionamos com uma visão de cientistas, porém, desta vez, como velhos, ricos e feios. Além disso, também identificamos neste trecho o aspecto personalidade (PC), visto que Gael evidenciou características de Marie como cientista.

O próximo recorte mostra o professor Poirot levando Marie para lancha, depois de perceber que ela desmaiou em sua aula por estar com fome, e questionando-a sobre sua vida. Em relação a ele, Gael destacou: “quando vejo o professor falar sobre ‘redes de contatos’ em oposição à ideia de solidão, começo a perceber uma humanização do cientista”. Mais uma vez, relacionamos tal ideia com uma visão de cientistas que, como ele mesmo destacou, era oposta à que lhe havia chamado a atenção em uma das cenas anteriores. Nesse mesmo recorte, Gael apontou como uma das principais ideias a de Marie ter respondido ao professor Poirot que: “Acho que eu nunca

terei isso [filhos].”. Ele também explicou o que refletiu a partir daquele trecho: “Eu me pergunto um pouco se o motivo do questionamento do professor Poirot vem de uma ideia de incompatibilidade entre maternidade e trabalho ou de um deslocamento social (solidão) apresentado no primeiro recorte.”. Neste caso, identificamos novamente o aspecto influência cultural (AC), pelo reconhecimento de uma certa incompatibilidade entre os fatos de uma mulher ser cientista e mãe (pois, para Marie, parecia ser impossível conciliar os dois papéis).

O terceiro recorte apresenta Pierre comunicando a David, seu assistente de laboratório, que Marie, uma estudante indicada pelo professor Poirot, dividiria o laboratório com eles. Ao destacar que se tratava de uma mulher, David se espantou. Neste recorte, o aspecto que chamou a atenção de Gael foi o: “diálogo desconfortável recheado de pensamentos absurdos sobre a presença de mulheres nas Ciências.”, no qual, mais uma vez, identificamos o aspecto influência cultural (AC), evidenciado pelas questões de gênero que explicam a baixa frequência de mulheres nas Ciências Naturais naquela época.

No próximo recorte, Marie é apresentada a Becquerel e, logo em seguida, ele mostra para ela e Pierre resultados do experimento que realizou (revelação de uma chapa fotográfica com a pechblenda). O aspecto que se destacou para Gael foi:

O relato do “fracasso” de Becquerel serve para ilustrar como a Ciência não é um conjunto de salto de conhecimentos, mas sim um processo repleto de erros, obstáculos e desafio. Mais uma vez, importante no processo de humanização do cientista.

Identificamos na primeira frase do trecho os aspectos falibilidade (PC) e não linearidade (HC), uma vez que as hipóteses levantadas por Becquerel não foram confirmadas a partir dos resultados do experimento realizado por ele e que, portanto, os conhecimentos científicos não são desenvolvidos de maneira linear. A segunda frase do trecho relacionamos com a visão de cientistas como seres humanos que, como tal, erram.

O quinto recorte exhibe Pierre pedindo Marie em casamento. De acordo com Pierre, juntos eles poderiam contribuir mais para o processo de produção de conhecimentos científicos. Contudo, não foi categorizado nenhum tipo de conhecimento (dos analisados nesta pesquisa) no que Gael destacou.

O próximo recorte se passa em um passeio de barco ocorrido em plena lua de mel, quando o casal Curie conversa sobre possíveis temas para o Doutorado de Marie Curie. Gael registrou em seu quadro:

Este trecho fala um pouco sobre a “pessoalidade” na Ciência, ou seja, por mais que uma pessoa dê uma solução, esta está pautada em sua vivência. Assim, é completamente compreensível uma oposição de uma pessoa que venha de um contexto social diferente. Seria a dimensão da sociedade influenciando na Ciência.

Na primeira frase, identificamos o aspecto subjetividade (PC), visto que o recorte mostra que Marie Curie não se deu por convencida da conclusão proposta por Becquerel para os resultados observados e compartilhados no quarto recorte, pois ela não estava “contaminada” pelos mesmos conhecimentos prévios que o levaram às suas hipóteses e interpretações. Além disso, na última frase, identificamos o aspecto influência sociopolítica (SC), relacionado às influências que a sociedade na qual os cientistas estão inseridos podem sofrer e/ou exercer durante o processo de produção de conhecimentos científicos. Outro aspecto chamou a atenção de Gael neste recorte: a “retomada do processo de humanizar o cientista também está presente quando Marie diz não saber por onde começar a responder à pergunta que ela mesma propôs”. Nele, identificamos o aspecto incerteza (PC), justamente por enfatizar as de Marie como cientista, o que se relaciona com a visão de cientistas como seres que têm dúvidas e são inseguros.

No sétimo recorte, Marie Curie faz medições utilizando um eletrômetro e percebe algumas inconsistências que a levam a pensar na existência de um novo elemento químico. Gael destacou que: “é legal ver que dentro do laboratório, quando algo não sai de acordo como o previsto, pensamos logo que as medidas estão erradas, e não pensamos em revisar a teoria, podendo complementá-la ou, até mesmo, refutá-la”. Como esta cena mostra tanto Marie quanto Pierre refazendo as medições tentando encontrar onde podem ter errado, identificamos no registro de Gael o aspecto falibilidade (SC). No trecho relacionado à revisão, complementação ou refutação da teoria, identificamos os aspectos provisoriedade, não linearidade e progressividade (HC). Isto porque a ocorrência de mudanças de paradigmas com relação aos elementos (quatro elementos: terra, ar, fogo e água para 78 elementos químicos inertes e um elemento químico novo ativo – na época retratada no filme) ao longo do tempo é

consequência de o processo de construção de conhecimentos científicos ser dinâmico, logo, não linear e progressivo.

O próximo recorte apresenta o casal Curie na Sorbonne solicitando um laboratório para que pudessem dar continuidade em suas pesquisas. Neste recorte, Gael destacou:

Esse recorte retrata bem como funcionaria uma validação por pares, um requisito para a validação de conhecimentos científicos. Outra coisa que chama a atenção é a falta de diversidade na Ciência. Além disso, é interessante perceber que a inovação na Ciência sofre com a resistência dos contemporâneos.

Quando Gael se referiu à validação por pares, ele destacou um dos objetivos (persuadir seus pares) e um dos modos de comunicação de especialistas (cientistas) (linguagem técnica verbal – neste caso, oral). Ainda com relação ao processo de validação, identificamos também o aspecto epistemologia (FC), uma vez que conhecimentos só são aceitos como científicos se são validados. Com relação à falta de diversidade na Ciência, identificamos, mais uma vez, o aspecto influência cultural (AC), visto que as questões de gênero se fazem presente – o que explica parcialmente<sup>52</sup> a baixa frequência de mulheres nas Ciências Naturais naquela época. Por fim, o destaque feito para a resistência dos contemporâneos frente às mudanças que ocorrem na Ciência resultou novamente na identificação dos aspectos provisoriedade, não linearidade e progressividade (HC).

No nono recorte, foram exibidos procedimentos químicos que Marie utilizou para a separação do elemento químico Rádio presente na pechblenda e para que ela pudesse ter evidências da existência de tal elemento. Gael ressaltou alguns pontos como a: “humanização dos cientistas”, que relacionamos à uma visão de cientistas como seres humanos; e “os percalços que os cientistas encontram em seu trabalho”, o que nos fez identificar o aspecto limitação (PC). Sobre esses percalços, Gael destacou que: “Marie e Pierre Curie trabalham em condições não adequadas para tentar isolar o Rádio e, mesmo com todo o esforço, eles não conseguem resolver o problema da separação do Bário e Rádio.”. Ademais, ele ressaltou a: “Retratação da Ciência como um processo

---

<sup>52</sup> Apesar de serem elementos implícitos, as questões de raça e idade também estão presentes, pois todos os professores constituintes da banca que avaliou a solicitação do casal Curie eram homens, brancos e velhos.

contínuo e de empenho. Não é magia.”. Relacionamos este trecho à uma visão de Ciências como processo e não como produto, resultando na identificação do aspecto epistemologia (FC). Isto em razão de Gael apresentar uma reflexão do todo, ou seja, em torno da natureza, objetivos, valores, critérios, processos e práticas científicas e/ou epistêmicas, possibilitando reflexões sobre limites e alcances relacionados à construção de conhecimentos científicos. Por fim, ele destacou a “obtenção do sucesso depois de inúmeras tentativas. ‘A Ciência não é um construto é o fruto do trabalho de pessoas’.”, o que foi novamente relacionado com os aspectos falibilidade (SC) e progressividade (HC). Neste caso, o aspecto falibilidade foi novamente associado à Sociologia ao invés de à Psicologia da Ciência, pois as inúmeras tentativas foram conjuntas do casal Curie.

O último recorte mostra o professor Poirot, após a morte de Pierre Curie, pedindo para Marie, que se encontrava em estado de choque, continuar com suas pesquisas. Nele, Gael registrou:

Marie e Pierre Curie conseguiram rever seus conceitos. Foram capazes de isolar o elemento Rádio a partir de uma pequena visão de “pessoalidade” na Ciência – a falta de uma explicação suficiente de Becquerel para o fenômeno em estudo – e após inúmeros contratempos conseguiram “pegar uma estrela com as pontas dos dedos”.

Na primeira frase, identificamos novamente os aspectos provisoriedade, não linearidade e progressividade (HC), uma vez que ele se referiu, com outras palavras, às mudanças de paradigmas mencionadas no sétimo recorte. Na frase seguinte, relacionada à capacidade de Marie e Pierre Curie, identificamos o aspecto inteligência (PC), dado que todas as dificuldades exibidas no recorte anterior (como ele também destacou neste ao escrever “e após inúmeros contratempos”) evidenciam que é possível pensar em cientistas com inteligência “regular”, não fora do padrão. Para finalizar, o aspecto subjetividade (PC) permeou a percepção de Gael, que fez referência às cenas exibidas nos recortes 4 e 6, que mostraram que Marie Curie não se deu por convencida com a conclusão de Becquerel para os resultados observados e compartilhados por não analisar o fenômeno a partir dos mesmos conhecimentos prévios utilizados por ele.

Logo no início da discussão, PQ explicitou que filmes podem não corresponder exatamente à realidade. Aquele filme, por exemplo, teve seu roteiro baseado em uma biografia escrita pela filha de Marie Curie, o produtor poderia ter

solicitado ênfases ou omissões específicas, e o diretor poderia ter usado licença poética para alterar fatos ou criar falas de impacto. Ela também explicou o significado dos aspectos multiplicidade e influência histórica, ambos associados à área História da Ciência, visto que o filme retratava um caso histórico. Em seguida, PQ discutiu a atividade, recorte por recorte, a partir da apresentação de uma síntese dos registros realizados e enviados pelos FP. Talvez por esta ter sido a primeira aula remota e os FP ainda estarem se habituando ao ambiente virtual, eles optaram por não interromper a apresentação da PQ, pronunciando-se apenas ao final. Naquela ocasião, Gael disse:

À medida que foram passando os recortes, fui vendo a opinião de outras pessoas que até me pegaram um pouco de surpresa porque foram coisas que passaram completamente batidas pra mim. Eu até voltei aqui na atividade que eu mandei pra ver o que eu tinha escrito pra ir comparando. Por mais que eu tenha citado esse fato específico da pobreza da Marie Curie, em momento nenhum eu tentei encontrar esse elemento sendo retratado ao longo do filme. Inclusive, uma das perguntas que eu levanto agora – e não sei se alguém tem essa resposta, mas depois seria legal de discutir – é: “como ela conseguiu [sendo pobre] chegar na Sorbonne? Como funciona a educação europeia nesse sentido?”.

Outra coisa também é que, em um certo grau, eu prestei bastante atenção nessa questão da representatividade feminina, eu levantei isso em alguns pontos. Mas uma coisa que me chamou a atenção é que por mais que eu tenha prestado atenção especificamente nisso, na cena em que eles [Pierre e Marie] vão conversar com o Becquerel, eu não tinha percebido essa ideia dela não poder falar. Entendeu?!

Então, entra um pouco no que P1 falou pra gente, que é tentar entender de onde vem essa questão de uma forma geral. E, o que eu sinto muito é que quando eu tô iniciando um projeto, quando eu sou novato ali no laboratório, eu realmente assumo aquele local de ficar mais quieto na minha, porque muitas vezes eu sequer entendo o que as pessoas estão conversando. Então, eu acho que tem um pouco disso. Mas eu não tinha reparado que isso pode sim ser um desses sinais, de ter silenciado, de não ter o local [de fala], de não ter a liberdade e tudo mais. Então, foi uma coisa que me pegou um pouco mais de surpresa. E eu acho interessante porque, ao que tudo indica, muita gente foi pelo mesmo caminho na linha de raciocínio. Isso é uma coisa interessante pra mim também, né?! Por mais que tenha diferença e tudo mais.

Quando mencionou a pobreza de Marie Curie, ele estava se referindo à classe social à qual ela pertencia (como retratado no primeiro recorte). Em seguida, ele destacou novamente as questões de gênero ao se referir à “questão da representatividade feminina”. No entanto, desta vez, ele chamou a atenção para o poder de fala que foi tolhido de Marie, por exemplo, nas cenas exibidas no quarto recorte. Por isso,

novamente, identificamos o aspecto influência cultural (AC). Além disso, ressaltamos o fato de ele ter justificado que inicialmente isto não havia chamado sua atenção, por ter associado o comportamento dela de apenas observar e escutar ao seu próprio comportamento quando começava a trabalhar em um novo projeto ou laboratório de pesquisa, fazendo menção novamente às suas experiências. Entendemos tal associação como uma evidência de que suas vivências podem ter contribuído para a normalização do não espaço de fala.

Após a discussão, enviamos via e-mail a Parte B da atividade, constituída por questões que os FP deveriam responder individualmente imediatamente após a aula síncrona. Tais questões tinham como objetivo que eles sintetizassem e organizassem as principais ideias e aspectos identificados por eles, destacados por PQ e discutidos durante aquela aula.

Quando questionado sobre os aspectos de NdC em relação aos quais o caso histórico possibilitava refletir, Gael escreveu:

A partir do caso histórico é possível discutir várias coisas, mas dois pontos me chamaram especial atenção: (i) o processo científico; e (ii) a construção do “fazer Ciência” como um conjunto de eventos que podem ou não dar certo. Acredito de uma forma geral que este filme é uma grande aula de como fazer Comunicação Pública da Ciência.

Nesta resposta, identificamos os aspectos falibilidade (SC), não linearidade e progressividade (HC) por Gael ter mencionado que na Ciência os eventos podem ou não dar certo. Além disso, ele também reconheceu que a Ciência precisa ser comunicada ao público em geral, por exemplo, a partir daquele filme, que ele reconheceu como uma fonte que poderia ser utilizada por não especialistas (sem especificar os sujeitos) para divulgar informações científicas.

Semelhante à atividade sobre mumificação, a que utilizou o filme “Madame Curie” também poderia contribuir para desmistificar a ideia de que na Ciência existe “o” ou “um” método científico. Sobre isto, ele afirmou:

Na minha visão, na nossa sociedade existe uma tendência a enxergar a Ciência como algo mágico. Nesse sentido, a Ciência não erra e é um caminho óbvio trilhado por pessoas esclarecidas, muitas vezes inalcançáveis. Nesse contexto, só o fato de humanizar o cientista já é uma grande colaboração. A essa contribuição adicionaria ainda a retratação da

rotina laboratorial repleta de erros e desafios. Esses elementos conseguem construir de forma sutil e, a meu ver, perfeita, a presença da “pessoalidade” na Ciência. Estes elementos são suficientes para esse retrato.

Parece que o início desta resposta complementa a resposta anterior e, por este motivo, identificamos novamente os aspectos falibilidade (SC), não linearidade e progressividade (HC). Identificamos também outro aspecto, inteligência (PC), quando ele mencionou que cientistas são pessoas esclarecidas. Na sequência, ao apontar a colaboração do filme na humanização do cientista, parece que ele retomou várias das visões de cientistas associadas na primeira parte da atividade (seres humanos que são sociáveis, erram, têm dúvidas e são inseguros). Com relação à rotina laboratorial, identificamos outra vez o aspecto epistemologia (FC), visto que ele se referiu a experimentos. Por fim, mais uma vez, Gael destacou a presença do aspecto subjetividade (PC) na Ciência.

Na pergunta “Por que foi difícil para Marie e Pierre Curie convencerem os cientistas da Sorbonne a lhes conceder um laboratório?”, Gael respondeu:

Certa vez ouvi uma teoria que dizia que todos os avanços científicos que vão ao contrário do conhecimento vigente em um determinado período enfrentam grande resistência naquela geração para serem validados. Essa teoria dizia ainda que essas ideias só seriam amplamente aceitas com a mudança geracional. Para mim, essa é talvez a explicação mais plausível para essa resistência: a cultura vigente da época, além de não conceber a ideia de que Marie e Pierre Curie estavam fazendo algo inédito que iria contribuir para a construção de conhecimentos científicos, ainda tinha um grande problema com a figura feminina fazendo Ciência.

Assim como na primeira parte da atividade, nesta também identificamos os aspectos provisoriedade, não linearidade e progressividade (HC), visto que a ocorrência de mudanças de paradigmas com relação aos elementos ao longo do tempo é consequência de o processo de construção de conhecimentos científicos ser dinâmico. Ainda, identificamos novamente o aspecto influência cultural (AC), relacionado à figura feminina.

Ao ser questionado sobre os fatores que dificultaram o acesso do casal Curie ao laboratório, ele apontou:

Além dos fatores financeiros, acredito que as características pessoais atribuídas a eles: jovens – portanto ingênuos – e sem reconhecimento. No caso de Marie Curie vemos dois novos empecilhos: ser mulher e pobre, portanto, segundo aqueles homens (e parte da nossa sociedade atual) [eles] não teriam local para atuar.

Nesta resposta, identificamos os aspectos fonte de financiamento, investimento econômico e viabilidade (EC) quando Gael mencionou os fatores financeiros. De novo, o aspecto influência cultural (AC) foi destacado ao ele reconhecer o fato de Marie ser mulher como um empecilho para atuar como cientista.

Para finalizar, no que se refere às outras dificuldades com que Marie Curie teve que lidar tanto como pessoa quanto como cientista, Gael destacou, mais uma vez, o aspecto influência cultural (AC) que, de fato, permeou toda a vida pessoal e profissional de Marie retratada nos recortes do filme:

Marie Curie teve que lidar com uma sociedade retrógrada, que não a enxergava como capaz por ser – como descrita no primeiro recorte – jovem, bonita e pobre. Desta forma, ela teve que enfrentar também toda uma geração de renomados cientistas que não acreditavam e ainda deixavam evidente a sua “incapacidade”.

No início da próxima aula síncrona, PQ apresentou alguns destaques sobre as respostas dadas pelos FP a essas questões. O primeiro deles foi sobre o racismo estrutural (como já havia sido apontado por Gael, de maneira implícita, no oitavo recorte), pois todos os professores constituintes da banca que avaliou a solicitação de um laboratório feita pelo casal Curie eram homens, brancos e velhos. Mais uma vez, as questões de gênero se fizeram presentes devido ao machismo que a banca demonstrou em relação à Marie. O segundo destaque foi sobre método científico e, para isto, PQ fez uma enquete via chat para saber quem achava que a atividade que havia utilizado o filme “Madame Curie” contribuía para desmitificar ou para reforçar a ideia da existência de “um” ou “do” método científico. Gael respondeu que contribuía para desmistificar e justificou sua opinião:

De uma forma geral, todas as vezes que a gente entra com o método científico (e me chama muito a atenção a primeira vez que eu fui apresentado à ideia de método científico), a gente tem a ideia de até um fluxograma, né?! Inclusive, na época, me apresentaram e até hoje eu uso esse nome, que é o método científico “Galileano”. Como se tivesse outro sem ser o que Galileu Galilei teria proposto. E em todos os contatos que eu tive com o método científico ao longo da minha formação, alguns

momentos previam que você poderia ter feito uma observação errada, poderia ter cometido algum erro e deveria repetir algum procedimento. Só que em nenhum deles trazia o aspecto humano.

Então, existe uma situação que eu não vejo recorrentemente sendo descrita no método científico, que é a “pessoalidade” que você tem na hora de “fazer Ciência”. No sentido de que... isso eu até cheguei a escrever na atividade, quando Marie fala com o Pierre que era loucura ela fazer o Doutorado, porque ela não sabia por onde começar. Isso por si só já “quebraria” o método científico, mas também a resposta do Pierre é: “às vezes a Ciência precisa desse incômodo que a gente tem de achar que mesmo quem... ele não fala o método científico, mas mesmo a gente tendo feito tudo, tem alguma coisa ali que tá faltando”. E aí a gente precisa da percepção individual, da diversidade na Ciência. Por isso eu acho que “quebra” e desmistifica um pouco essa ideia do método científico. Ele dá cara pra quem tá fazendo Ciência.

Nesta justificativa, foi identificado, mais uma vez, o aspecto epistemologia (FC) por ele ter feito um certo paralelo entre método científico e processos e práticas científicas. Ademais, novamente ele destacou a presença do aspecto subjetividade (PC) na Ciência ao se referir ao aspecto humano.

Com relação ao uso de filmes, Gael escreveu em seu portfólio:

Quando retorno às minhas vivências no período do Ensino Médio, sempre relaciono a experiência de assistir filmes em sala de aula a algo vazio e muitas vezes sem propósitos claros. Não que tenhamos que ter um propósito para tudo o que fazemos, mas uma vez que nessa disciplina são demonstrados métodos educacionais contemporâneos, eu fiquei intrigado para entender o pensamento didático por trás dessa tarefa. Assim que recebi a atividade e o acesso aos recortes do filme, fiquei atento para identificar qual seria a estratégia adotada para que essa vivência tivesse um objetivo claro [E2-A4 – Portfólio 2B].

Neste caso, identificamos a categoria CPed por ele ter reconhecido o uso de filmes como uma estratégia para introduzir e discutir aspectos de NdC.

Devido ao fato de esta ter sido a primeira aula remota, ele apresentou outros questionamentos em seu portfólio:

Para terminar essa reflexão, devo destacar que é meio incômodo o fato de não termos ampla participação das pessoas. Sinto que isso limita muito essa dinâmica. Introduzo alguns questionamentos que encontrei em relação à essa situação:

- i. Quanto podemos perder por um sistema educacional remoto?
- ii. A participação dos estudantes de forma ativa é necessária para esse tipo de prática?

- iii. Como engajar estudantes para participar dessas discussões?
- iv. Assistir aos recortes juntos e debater em seguida seria mais enriquecedor? [E2-A4 – Portfólio 2B].

A nosso ver, seus questionamentos foram diretamente relacionados aos desafios impostos pela pandemia, tanto que, inicialmente, esta atividade seria desenvolvida como ele propôs no item (iv). Além disso, identificamos novamente a categoria CPed, desta vez em função de sua preocupação com o manejo de sala de aula (neste caso, virtual) e com estratégias proveitosas para desenvolver uma atividade com uso de filmes.

Salientamos que apesar de a atividade retratar um contexto histórico, o aspecto influência histórica (HC) não foi identificado nenhuma vez, porque Gael não o expressou explicitamente em nenhuma de suas respostas e falas, bem como em seu portfólio. Contudo, pensando que a influência histórica é algo mais amplo, entendemos que a riqueza dos dados oriundos desta atividade esteve exatamente em o contexto histórico possibilitar a emergência de tantos outros CCon.

## **6.6 Atividade 5 – Caso Contemporâneo: Rompimento da Barragem de Rejeitos B1 da Mina do Córrego do Feijão em Brumadinho/MG**

A última atividade desta segunda etapa da disciplina teve como objetivo específico promover a mobilização e/ou desenvolvimento, por parte dos FP, do pensamento crítico *sobre e com* alguns aspectos de NdC a partir da análise da tragédia ambiental que ocorreu em Brumadinho. Para isto, optamos por utilizar um caso contemporâneo, uma vez que tal abordagem de ensino requer o engajamento dos participantes na discussão de uma situação-problema relacionada a um contexto sociocientífico. Portanto, ao retomar tal tragédia ambiental, eles poderiam pensar criticamente *sobre e com* alguns aspectos econômicos e filosóficos (mais especificamente, a ética), principalmente. Isto porque a atividade anterior, diferentemente desta atividade que é de natureza argumentativa e proporciona um ambiente favorável para isto, não favorecia a utilização de alguns aspectos de NdC para se posicionar e/ou tomar consciência de outros aspectos, situações-problema, ampliando suas visões *sobre* Ciências.

Esta foi uma atividade grande e, portanto, assim como as duas anteriores, foi dividida em partes. Na Parte A, após ler os questionamentos apresentados no comando da atividade e levando em consideração seus conhecimentos prévios sobre a tragédia ambiental que ocorreu em Brumadinho, os FP tiveram que redigir um texto sobre ela, abordando os temas dos questionamentos que eles julgassem mais relevantes. Eles foram lembrados de que não poderiam realizar buscas de informações na Internet, visto que isto poderia comprometer não apenas o desenvolvimento daquela parte (levantamento de seus conhecimentos prévios) como da próxima (pesquisa para elaboração de argumentos bem fundamentados). Tudo isto foi explicado no final da última aula síncrona e o comando da atividade lhes foi enviado via e-mail após o envio da atividade que eles deveriam fazer imediatamente após aquela aula (Atividade 4 – Parte B). Assim como na atividade anterior, esta primeira parte da Atividade 5 foi desenvolvida em casa e individualmente. Além disso, como anteriormente, combinamos que eles tinham que nos enviar seus textos via e-mail com dois dias de antecedência da próxima aula, para que pudéssemos prepará-la a partir das respostas contidas neles.

Ao final daquela aula em que explicamos esta parte da atividade, depois de encerrarmos a gravação e os outros FP terem saído da sala de aula virtual, Gael nos informou que estava participando de um projeto de pesquisa relacionado à tragédia, mais especificamente com a identificação de metais presentes na lama. Diante disso, ele nos comunicou que não poderia falar nada a respeito, pois tinha assinado um termo de sigilo para participar de tal projeto. Nós o agradecemos pela informação e o tranquilizamos ao dizer que não iríamos abordar o tema de maneira específica e técnica, e sim de maneira mais ampla. Nesta ação dele como cientista (bolsista de Iniciação Científica), identificamos o aspecto ética (FC), uma vez que ele demonstrou que o sigilo e o cumprimento de compromissos assumidos eram importantes na Ciência. Caso contrário, ele não teria nos informado ou, ainda, poderia ter utilizado seus conhecimentos privilegiados para se destacar nas discussões oriundas desta atividade – o que não aconteceu. Portanto, ele realmente agiu com ética.

Com relação ao seu texto, logo no título “Ciência, Tecnologia e Sociedade – a importância da contribuição social em pesquisas científicas”, identificamos o aspecto influência sociopolítica (SC) devido à indicação da existência da relação entre Ciência e

sociedade que ele pretendia estabelecer ao longo do texto. De fato, Gael estabeleceu tal relação, como evidenciado nos seguintes excertos:

Quando falamos de Ciência e Tecnologia (C&T), muitas vezes refletimos sobre o impacto delas em nossa sociedade. Porém, com raras exceções fazemos o raciocínio contrário: qual o impacto da nossa sociedade perante a Ciência e Tecnologia?

[...]

Na década de 1960, Carson publicou o livro “Primavera Silenciosa”, que discutia os impactos da aplicação de inseticida na ecologia de pássaros. Segundo o livro, os inseticidas vinham causando sérios danos aos ovos das aves, e isso seria um indício dos malefícios que estes produtos químicos poderiam ter sobre nós, seres humanos. Neste momento, movimentos socioambientais contrários ao uso desses pesticidas ganharam força, e desta forma a sociedade teve um papel ativo no desenvolvimento de controles de pragas que não degradassem o meio ambiente.

No próximo excerto, além de esta relação ter sido novamente estabelecida, ele mencionou a importância do posicionamento, por exemplo, de movimentos culturais. Por isso, identificamos tanto o aspecto influência sociopolítica (SC) quanto o aspecto influência cultural (AC):

Analogamente, desde 2015, com o rompimento da barragem em Mariana/MG, vemos o surgimento e fortalecimento de grupos sociais e artísticos que questionam a segurança e importância das barragens de rejeito. Esses questionamentos se tornaram ainda mais fortes com o segundo rompimento de uma barragem em Minas Gerais em 2019, desta vez em Brumadinho. Assim, movimentos sociais, culturais, ambientais e científicos vêm se posicionando diante dos ocorridos. Nesse contexto, qualquer análise científica que fizermos perde seu sentido se não levarmos em consideração o impacto da sociedade perante a C&T.

No excerto seguinte e em parte do próximo, Gael continuou estabelecendo a relação mencionada no título de seu texto, ao destacar e exemplificar a participação da sociedade na Ciência:

A participação social está presente nas pesquisas realizadas pelo Prof. Dr. Romeu e pela Profa. Dra. Amanda. Na tentativa de tratar o material descartado da barragem de Mariana como coprodutos, eles desenvolveram uma metodologia para aplicação dos rejeitos como material de construção civil. Após o desenvolvimento da tecnologia, foram realizadas pesquisas no local para ver a aceitação da população de Mariana quanto à sua aplicação. O que, em um primeiro momento parecia uma ideia ótima, não foi bem aceita pela população. De modo geral, os moradores viam nos rejeitos da barragem a dor de suas perdas em decorrência do desastre ambiental.

Tendo em vista o relato de Mariana, acredito que qualquer esforço tecnocientífico para analisar o caso do Córrego do Feijão tem que ser acompanhado da realidade social.

Além disso, identificamos também um aspecto econômico, a aplicabilidade do conhecimento científico, evidenciado pelo interesse dos professores de sua universidade envolvidos na pesquisa na utilização do produto oriundo de tal pesquisa. Tal aspecto também foi identificado em um outro trecho: “Além disso, alguns professores da Engenharia de Materiais de outra universidade estudam meios para recuperação dos metais de valor agregado e dar destino aos rejeitos da barragem.”.

Um pouco mais adiante, mais uma vez, ele continuou a estabelecer a relação que se propôs a fazer, bem como destacou sua importância:

Em 2019, minha prima apresentou em sua Dissertação de Mestrado a importância dos cursos de água para mastofauna de médio e grande portes em regiões antropizadas. Seus estudos foram realizados na Serra do Elefante – Mateus Leme e na Área de Proteção Especial do Manancial Serra Azul – Serra Azul, a última mantida pela COPASA e protegida por decreto lei do Estado. Na oportunidade, a, agora, Mestre em Ecologia de mamíferos, estimou um grande impacto à vida dos mamíferos que viviam no afluente do Rio Paraopeba. Desta forma, podemos ver que a nossa universidade junto a outros órgãos busca calcular o impacto ambiental, que se prova cada vez maior.

Todas as pesquisas que foram citadas acima são de membros da sociedade que vivem próximo e dependem da distribuição de água do reservatório do Ribeirão Serra Azul. Desta forma, é possível evidenciar a importância da movimentação da Ciência local, mostrando de forma clara como a sociedade e a vivência individual exercem impacto na Ciência de alto nível que produzimos.

Portanto, para além do aspecto influência sociopolítica (SC), também identificamos o aspecto influência motivacional (PC), quando Gael discorreu sobre a pesquisa de sua prima (que mora na mesma região em que ela foi desenvolvida) visando atender uma demanda local.

Para fechar a relação estabelecida e exemplificada desde o início do texto, ele destacou o papel da Ciência como uma atividade importante na sociedade e na vida das pessoas ao escrever: “que a Ciência que fazemos será uma das responsáveis por fazer ‘nessa lama nasce(r) a flor que a gente rega com o amor que corre dentro do sangue, nas nossas veias’”, o que evidencia sua visão de que a Ciência pode contribuir para a

melhoria da qualidade de vida das pessoas (como ele já havia explicitado, por exemplo ao longo das Atividades 1 e 2).

Um pouco depois do início da aula síncrona, após a apresentação de alguns destaques sobre a segunda parte da atividade anterior, visando promover uma discussão mais ampla, PQ apresentou alguns questionamentos abordados nos textos, bem como alguns dos posicionamentos expressos pelos FP frente a eles. Em seguida, ela também apresentou alguns destaques sobre a primeira parte daquela atividade, como aspectos psicológicos relacionados a perdas irreparáveis como as vidas que foram ceifadas (sem relação com o MoCEC v.2, uma vez que não envolve cientistas); integração de áreas, por exemplo, Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) – dando ênfase neste último, visto que se tratava de uma tragédia ambiental; falta de diálogo entre universidades e sociedade (como as comunidades afetadas em Brumadinho e Mariana); falta de ética dos envolvidos (empresa e fiscais) evidenciada pela corrupção na compra de fiscais; transformação de força de trabalho em lucro para empregadores no sistema capitalista. Salientamos que, como ocorrido nas atividades de modelagem, os FP demonstraram dificuldade em expressar o óbvio, visto que não destacaram explicitamente o ambiente ao integrar áreas para analisar o caso contemporâneo em questão.

No final daquela aula, após todos concluírem que o que havia acontecido em Brumadinho se tratava de uma tragédia-crime, PQ aproveitou para explicar a Parte B da atividade. Nela, eles deveriam realizar buscas de informações na Internet, para que pudessem elaborar argumentos bem fundamentados para se posicionarem com relação aos mesmos questionamentos apresentados na Parte A da atividade.

Esta parte também seria desenvolvida em casa, porém, desta vez, em grupo. Por isso, ficou combinado que na sexta-feira seguinte não ocorreria aula síncrona, para que eles pudessem utilizar tal dia e horário para se reunirem virtualmente. Além disso, eles deveriam gravar suas reuniões (para que PQ tivesse acesso às discussões) e nos enviar seus textos mais elaborados que os anteriores via e-mail quatro dias antes da próxima aula síncrona, quando apresentariam para a turma os argumentos. Nas duas semanas entre a data desta aula e a próxima, os integrantes do G2 se reuniram quatro vezes, totalizando aproximadamente 4h e 30min de discussões.

Na primeira reunião, de maneira geral, eles decidiram para quais questionamentos iriam apresentar argumentos embasados em evidências para se posicionarem. Nela, Gael propôs que seria interessante que eles pensassem em pesquisas que visavam atender à necessidade básica da população atingida, ou seja, que eles não procurassem apenas por pesquisas que objetivavam uma aplicabilidade, por exemplo, de coprodutos oriundos dos rejeitos presentes na lama. Desse modo, identificamos em sua proposta tanto o aspecto aplicabilidade (EC) quanto o aspecto influência sociopolítica (SC), este último devido à demanda de uma população específica em relação à Ciência. Ainda com relação aos coprodutos, Lara perguntou se eles sabiam se a Vale, por exemplo, estava investindo em pesquisas com tal objetivo. Gael respondeu que sabia que uma pesquisa para identificação de metais nos rejeitos estava sendo desenvolvida na universidade deles e que, para isto, houve investimento financeiro (EC). Contudo, ele não sabia se era a Vale a fonte de financiamento (EC). Logo, identificamos ambos os aspectos econômicos em sua resposta.

Durante a reunião, eles fizeram algumas buscas de informações na Internet e encontraram que já existiam estudos que previam tanto a tragédia de Brumadinho quanto a de Mariana. Diante disso, Gael propôs que seria interessante que eles abordassem a questão do descrédito da Ciência, principalmente em tempos de pós-verdades, ideia com a qual Lara concordou.

Por fim, eles dividiram entre eles alguns blocos de questões e propuseram novos questionamentos (relacionados, por exemplo, ao papel da Ciência no ocorrido) em relação aos quais Gael ficou responsável por buscar informações para elaborar argumentos bem fundamentados. Ao discutirem sobre a responsabilidade de cada bloco de questionamentos, Gael afirmou que o ideal seria que Rose ficasse responsável por aqueles com os quais se sentisse mais confortável e tivesse mais interesse, pois assim sua contribuição para o trabalho poderia ser maior. Nesta conversa, identificamos o aspecto influência motivacional (PC) por Gael ter relacionado de maneira ampla a motivação gerada pelos interesses do cientista.

Em síntese, Lara trabalhou com as questões de reponsabilidade; Telma se responsabilizou pelos impactos econômicos e seus desdobramentos; Rose ficou com a parte voltada para as tecnologias para monitoramento e recuperação de águas; e Gael

ficou responsável por apresentar e discutir o papel da Ciência antes, durante e após as tragédias (de Brumadinho e Mariana).

De modo geral, na segunda reunião os integrantes do G2 comentaram sobre as informações que encontraram em suas buscas e sobre a redação do texto referente às partes que cada um havia se responsabilizado. Nesse contexto, Gael comentou que havia pensado em dividir sua parte em três momentos, sendo um antes da tragédia de Mariana, outro depois dela até a tragédia de Brumadinho e um outro após esta última tragédia. Contudo, ele destacou que havia encontrado mais artigos científicos do que jornalísticos com relação ao segundo momento e o contrário com relação ao terceiro momento. De acordo com ele, isto se justificava pelo fato de os artigos científicos demorarem mais tempo para serem publicados, porque na maioria das vezes relatam conhecimentos científicos que estão sendo ou foram produzidos. Nesse sentido, ele fez menção aos objetivos e tipos de fontes tanto para especialistas (cientistas) quanto para não especialistas (jornalistas): construir conhecimentos científicos e divulgar informações científicas em periódicos e sites (neste caso G1, portal em que Gael fez sua busca).

Logo no início da parte de Gael, ele destacou que:

Ao longo das nossas discussões, levantamos a questão: “qual é o papel da Ciência no ocorrido?”. Nos perguntamos se antes do rompimento das barragens existiam estudos relacionados aos seus riscos. Se tais pesquisas existiam, elas foram comunicadas de forma adequada à população? A fim de tentar solucionar estes questionamentos, decidimos fazer uma breve consulta não só na literatura científica, mas também na literatura jornalística e propomos aqui um cruzamento de dados para fazermos uma análise crítica sobre o que encontramos antes do dia 5 de novembro de 2015, quando houve o rompimento da barragem do Fundão no distrito de Bento Rodrigues em Mariana/MG.

Ao questionar se as pesquisas foram ou não comunicadas de forma adequada à população, ele mencionou modos de comunicação de não especialistas (tanto de jornalistas quanto de divulgadores científicos), mas sem especificá-los.

Em um outro excerto, Gael escreveu:

A partir dos dados que coletamos, podemos perceber que mesmo com vários artigos científicos relatando que deveríamos prestar mais atenção às barragens, não vemos a circulação nem a difusão de tais informações pela grande mídia, o que é de uma forma geral algo bem grave. Por exemplo, no tocante às reportagens e notícias jornalísticas sobre o assunto

anteriores ao ocorrido no distrito de Bento Rodrigues (em Mariana), não temos muitas informações mesmo nos sites dos grandes jornais. Dessa forma, notamos uma falta de comunicação entre o “fazer Ciência” e as grandes mídias. A pergunta que se torna relevante nesse ponto é: “Quando a Ciência se torna pública? Sempre serão necessários grandes acontecimentos que despertem a comoção popular para que tenhamos a divulgação de informações científicas?”.

Nele, identificamos referências aos objetivos, papéis, e tipos de fontes de não especialistas, especificamente de jornalistas: divulgar informações científicas, serem mediadores de conhecimentos científicos e mídias de informação e sites.

Ao finalizar sua parte, Gael concluiu:

O interesse da população em assuntos científicos está diretamente ligado à comoção popular que eles geram. Desta forma, podemos ver que falta uma interface entre as pesquisas científicas comunicadas para pares e notícias jornalísticas. Por fim, ressaltamos que, infelizmente esta tendência pode significar que a Ciência vai continuar prestando um papel de remediação de catástrofes, e não de prevenção a elas.

A partir dessas conclusões, compreendemos que a mensagem que Gael queria passar é a de que a divulgação científica pode influenciar a visão *sobre* Ciências da população.

Na aula síncrona, G1, G2 e G3 (nesta ordem) apresentaram seus argumentos e se posicionaram. Alinhado com sua parte do texto, Gael falou:

A gente começa a se questionar e novas perguntas vão surgir. Então, mesmo com vários alertas, com a comunidade científica de alguma forma estando ali e tentando vincular essas informações, a gente não vê a circulação delas na mídia. E aí a questão é: “quando essa Ciência vai se tornar pública?”. E a segunda é: “sempre será necessário que grandes acontecimentos despertem a comoção popular para que ocorra a divulgação dessas informações científicas?”.

Tal fala reforçou as conclusões que ele havia apresentado no final de seu texto, especificamente em relação aos tipos de fontes de não especialistas (jornalistas): mídias de informação.

Dando continuidade, ele completou suas ideias:

O que a gente fez foi o seguinte: a gente viu o que tinha antes desse rompimento em Brumadinho e o que tinha depois. No nível científico, teve um aumento da quantidade de artigos, mas a temática é parecida. Os relatos que a gente tem nesses artigos científicos são sobre impactos

ambientais que já vinham sendo alertados, sobre tecnologias pra recuperar que já vinham sendo relatadas.

E o interessante nesse ponto é que a Ciência, de certa forma, demora, né?! A gente tá em período da COVID-19 e a gente tá vendo que a gente não vai ter uma resposta imediata. Então, é natural a gente esperar que esses artigos científicos com novos dados, com novas informações sobre isso demorem um pouco pra sair. Porque Ciência é uma medida [investimento] de médio e longo prazo.

Mas, contrariamente a isso, na literatura jornalística tem muitas notícias aparecendo, tem tanto a Samarco quanto a Vale criando portais de comunicação dessas notícias, e tem também uma nova pauta muito recorrente nos jornais que são as barragens que apresentam risco à comunidade, sobretudo aqui em nosso Estado.

Novamente, ele destacou o papel de jornalistas de serem mediadores de conhecimentos com o objetivo de divulgar informações científicas usando mídias de informação e sites específicos. Além disso, ele também mencionou o papel de cientistas de produzir conhecimentos e os divulgar em periódicos destinados a seus pares. Outro elemento importante relacionado a esta fala foi a explicitação posterior mais clara da ideia de que “fazer Ciência” demanda tempo, expressa em: “Um ponto muito importante é que a Ciência não é feita a curto prazo. Dificilmente isso acontece. Ela normalmente requer um tempo grande.”.

Para fechar sua apresentação, visando destacar a importância da comunicação da Ciência e de maneira adequada, ele explicou a imagem apresentada na Figura 6.1 seguida de uma reflexão:

**Figura 6.1** – Imagem apresentada por Gael



Fonte: Arquivo PowerPoint do G2, 2020, slide 31.

Nosso grupo quis trazer uma última reflexão: a gente tá vivendo um período de ampla intensidade de cultura pop e foi divulgado pela Mídia NINJA, essa frase: “No começo de todo filme de desastre tem um cientista sendo ignorado!”. E aí a questão é: pra gente não ser ignorado, a gente também tem que aprender a comunicar. Tem que aprender a transmitir essas notícias de forma correta pra população!

Para finalizar a aula, relacionando as apresentações dos três grupos com o objetivo da atividade, P1 perguntou qual era a relação daquela atividade com a disciplina como um todo. Gael respondeu:

Eu acredito que seja uma abordagem das Ciências de uma forma geral, de uma transdisciplinaridade. Porque, primeiro, eu acredito que a gente não teria uma capacidade de realizar esse trabalho considerando só o que a gente sabe da Química. Então, a gente teve que visitar outras áreas do conhecimento. Então, é mostrar aí a interdependência dos conhecimentos. E também tem a questão de mostrar a aplicabilidade da Ciência direta ali no contexto social de uma forma geral, né?! Então, isso talvez possa ser uma estratégia usada pra conversar de Ciência com os estudantes.

Sobretudo, porque uma das coisas que me pego pensando às vezes é: “como a gente vai falar de Química pra um estudante que tá tendo outro tipo de problema? Como um professor de Química pode atuar, por exemplo, em Brumadinho depois de tudo que aconteceu, sabe?!”. Às vezes o estudante perdeu a família nisso e o professor de Química tá falando de modelo atômico. Será que não tem um jeito melhor de integrar aquilo ali?! Então, eu penso um pouco nisso, na realidade do estudante, de contextualização, coisas desse gênero.

No início de sua resposta, ele destacou duas ideias, sendo a primeira relacionada à interdependência de conhecimentos, o que implica em um entendimento de que a Ciência é múltipla e, portanto, requer olhares a partir de várias áreas de conhecimentos para lidar com situações-problema como a apresentada naquela atividade. Isto evidencia sua visão ampla de Ciências. A segunda ideia tem a ver com a aplicabilidade da Ciência, o que resultou em nova identificação deste aspecto associado à área Economia da Ciência. No final de sua resposta, Gael apresentou mais uma de suas crenças com relação aos processos de ensino e de aprendizagem ao destacar que o contexto de aprendizagem é algo importante a ser considerado. Além disso, identificamos a categoria CPed quando ele reconheceu o uso de caso contemporâneo como uma estratégia para introduzir e discutir aspectos de NdC.

Após Gael, Fran, integrante do G1, também respondeu à pergunta feita por P1 concordando com as ideias dele, mas as complementando:

Eu penso exatamente como o Gael falou. Porque nas outras aulas a gente falou de modelos, modelo da Ciência... Mas será que ele consegue responder a tudo? E agora a gente tá falando que a Ciência é influenciada por aspectos sociais, né?! Ela não responde tudo, mas ela tenta responder. A gente tá precisando agora de novas tecnologias pra aproveitar melhor o rejeito. A gente precisa de novas tecnologias que garantam mais segurança pra barragens. E nisso tudo aí entra o processo de pesquisa, de Ciência. A gente tem que ver que a Ciência não se desenvolve por si só, ela sempre tá respondendo a demandas sociais. Então, acho que esse trabalho vem fazer a gente refletir sobre as diversas esferas que influenciam a pesquisa, que influenciam a Ciência.

A partir destas respostas, nos parece que, ao vivenciar atividades que foram elaboradas e conduzidas pautadas no MoCEC v.2, os FP começaram a compreender sua essência, mesmo sem tal modelo ter sido apresentado até aquele momento da disciplina.

Por fim, visando ajudar os FP no desenvolvimento da próxima atividade, P1 finalizou a aula retomando os objetivos daquela disciplina e de todas as atividades vivenciadas por eles até aquele momento, pensando em formação de professores.

Como comentado no início deste tópico, esta foi a primeira atividade da disciplina que eles desenvolveram em grupo estando em casa. Apesar das limitações impostas pela pandemia, os integrantes do G2 realmente trabalharam como grupo ao longo de todo o desenvolvimento da atividade. Além de eles terem se reunido quatro vezes, uma outra evidência disso é que eles foram o único grupo que trocou mensagens via chat durante e após a apresentação deles. Por exemplo, Gael, digitou: “nosso grupo é muito tranquilo de lidar. Vocês são ótimas!”, depois Telma respondeu: “Acho que a gente deu muita sorte. Nosso grupo é composto por gente que se completa de certa forma e cada um contribui de um jeito diferente. Achei excelente a cooperação de todo mundo.”. Como evidenciado no tópico referente à Atividade 8, tal reconhecimento e, mais importante, a dinâmica de trabalho deles e a motivação gerada por ela, se mostraram essenciais para a mobilização e o desenvolvimento dos conhecimentos de todos os integrantes no planejamento de uma atividade de ensino.

## 6.7 Atividade 6: Visão *sobre* Ciências neste Momento

Assim como na Atividade 1, o objetivo desta atividade foi investigar as ideias dos FP *sobre* Ciências em um momento específico da disciplina a partir de suas respostas às questões de um questionário que visava retomar a vivência deles nas Atividades 3, 4 e 5. Para isto, enviamos via e-mail o link que dava acesso ao questionário para que eles respondessem individualmente após a última aula síncrona. Assim, teríamos mais evidências de se suas visões *sobre* Ciências estavam ou não se modificando. Como apresentado a seguir, na maioria das respostas, Gael expressou CCon.

Quando questionado sobre como explicaria para um colega o que é Ciência e quais são seus principais objetivos, Gael respondeu: “As Ciências são conjuntos de conhecimentos concatenados de forma lógica a fim de responder um questionamento proveniente da percepção de mundo de um conjunto de seres humanos.”, o que vai ao encontro da essência do MoCEC v.2. Além disso, ele também destacou a presença da subjetividade (PC) na Ciência.

Em seguida, perguntamos se a resposta anterior era diferente da que ela havia dado logo no início da disciplina, e ele fez a seguinte confissão:

Quando li a primeira pergunta, pensei: “Hum... Lá vou eu de novo escrever um textão que ao final nem eu mesmo vou entender o que escrevi...”. Aí fui escrever o textão... E quando vi, uma frase foi o suficiente pra explicar o que era Ciência de forma clara e objetiva. Portanto, eu percebo que meu conceito do que são as Ciências mudou. Acredito que ter a oportunidade de discutir, refletir e pensar sobre isso ao longo dos últimos meses me fez organizar melhor meus pensamentos. Assim, as vivências epistêmicas propostas ao longo da disciplina me auxiliaram, mas não posso deixar de comentar que uma participação ativa da minha parte colaborou muito nessa mudança.

Ao compararmos as respostas, percebemos que a “busca por respostas” permaneceu e Gael incluiu a questão da subjetividade, que parece tê-lo marcado desde a discussão da atividade sobre a mumificação ser considerada ou não Ciência. A nosso ver, sua confissão nos mostra a importância de, na medida do possível, deixar o sujeito de pesquisa à vontade para se expressar. Ademais, sua conclusão vai ao encontro da hipótese apresentada nesta Tese de que é essencial que FP de Ciências tenham oportunidades de vivenciar situações de ensino que sejam mais próximas da Ciência,

para que possam desenvolver conhecimentos necessários para ensinar a partir de tal perspectiva de educação.

Sua afirmativa de que organizou melhor seus pensamentos é uma evidência de que o objetivo desta atividade foi cumprido, visto que ela visava justamente isso. Por fim, quando assumiu seu protagonismo engajando-se no processo de aprendizagem, ele se mostrou coerente com a visão geral que demonstrou ter anteriormente a partir da expressão de uma de suas crenças sobre os processos de ensino e de aprendizagem. Isto porque um estudante, diferentemente de um professor, pode “escolher” ou não se engajar no processo de aprendizagem (GESS-NEWSOME, 2015).

Em relação à vivência de práticas científicas e epistêmicas nas atividades de modelagem, Gael afirmou que pensou sobre os seguintes aspectos de NdC:

1. Método científico: a verificação de que existe mais de uma metodologia válida pra “fazer Ciência”.
2. As Ciências produzidas são mais complexas e diversas do que esperava: até hoje fico pensativo acerca da construção do que é “um modelo”. Me pergunto quanto mais tem pra gente pensar, conhecer, correlacionar...
3. Característica coletiva das Ciências: eu nunca teria feito um trabalho tão bom sem minhas colegas do G2 e sem os “inputs”/provocações que P1, P2 e PQ nos deram ao longo da atividade. A diversidade na Ciência é sim um diferencial.
4. “Modelo dos Duendes”. Explicações absurdas de um fenômeno podem ser usadas, mas em algum momento serão falsificadas.

No primeiro item, identificamos o aspecto epistemologia (FC), visto que ele destacou a existência de metodologias diferentes nos processos e práticas científicas. No item seguinte, nos parece que aquela visão ingênua *sobre* Ciências que ele havia demonstrado ter na primeira atividade da disciplina, e que supomos que pudesse ser reflexo de suas experiências em laboratórios de pesquisa, se encontrava em modificação. Isto porque ele não apenas reconheceu que as Ciências são diversas (ideia que está na essência do MoCEC v.2) como também que não esperava perceber isto. Ademais, ele afirmou novamente ainda estar desenvolvendo um significado para a palavra modelo.

Quando Gael exemplificou o trabalho em grupo a partir de sua vivência com as demais integrantes do G2, identificamos o aspecto interação entre cientistas (SC), pois ele o relacionou com o trabalho na Ciência. Por fim, ao mencionar os duendes, identificamos o aspecto falibilidade (SC), visto que tal ideia implica que, a partir de um

dado momento, explicações coerentes não podem ser propostas a partir de tal modelo, ou seja, o modelo falha, evidenciando ser limitado, menos adequado.

Quando questionado sobre qual desses aspectos não havia pensado antes de vivenciar tais práticas, ele respondeu:

Dessas questões, as que eu provavelmente não tinha pensado ainda estão relacionadas à metodologia de criação de modelo como ferramenta de ensino e as suas implicações como a questão do “Modelo dos Duendes”. As demais observações levantadas nessa vivência já tinham sido feitas em outras ocasiões. Porém, devo dizer que o conhecimento foi melhor organizado e digerido após vivenciar essa experiência e refletir sobre ela.

Seu reconhecimento da utilização de modelagem como ferramenta de ensino foi, mais uma vez, categorizado como CPed. Finalmente, tivemos outra evidência de que o objetivo desta atividade foi alcançado quando Gael destacou a melhor organização de seus conhecimentos.

Com relação ao caso histórico sobre Marie Curie, Gael respondeu que refletiu sobre os seguintes aspectos de NdC:

1. Representatividade nas Ciências: questão das mulheres nas Ciências.
2. Coletividade das Ciências.
3. Humanização das Ciências: movimento CTS.
4. Método científico.
5. “Por onde começar?” e “característica circular do conhecimento”: qual é o ponto de partida da Ciência? E depois que desenvolvemos a Ciência, é legal poder revisitar os conhecimentos prévios para melhor entendê-los, desenvolvê-los, compreendê-los...

Influência cultural (AC) foi um dos aspectos sobre o qual ele refletiu, uma vez que o caso retratou as questões de gênero que Marie Curie enfrentou como uma cientista mulher. Ele também refletiu sobre o aspecto interação entre cientistas (SC) ao destacar a coletividade (se referindo, como explicitado posteriormente, ao trabalho em conjunto). Apesar de não citar Marie, o questionamento “Por onde começar?” foi feito por ela quando (no sexto recorte da Atividade 4 – Parte A) apresentou dúvidas com relação à origem dos conhecimentos científicos. Por isso, interpretamos este item como indicativo de que ele refletiu sobre o aspecto incerteza (PC) de uma cientista. Por fim,

ao mencionar “característica circular do conhecimento”, identificamos que ele refletiu sobre os aspectos provisoriedade e progressividade (HC) dos conhecimentos científicos.

Quando solicitado a explicar como entendia cada um dos aspectos sobre os quais afirmou ter refletido, Gael respondeu:

1. Representatividade nas Ciências: desconforto gerado por assistir nos recortes do filme homens, brancos e velhos em maioria esmagadora.
2. Coletividade das Ciências: parceria e colaboração entre cientistas (Becquerel e Pierre e Marie e Pierre).
3. Humanização das Ciências: rotina dos cientistas, inseguranças, erros, acertos, percepções instintivas/feeling.
4. Método científico: ambientação de um laboratório.
5. “Por onde começar?” e “característica circular do conhecimento”: questões tratadas por Marie e Pierre quando eles conversaram sobre o Doutorado de Marie.

Assim, além de destacar pontos que lhe incomodaram no filme, suas justificativas para as reflexões evidenciam os aspectos identificados e elencados anteriormente.

Ao analisar a tragédia ambiental que ocorreu em Brumadinho, Gael afirmou ter pensado nos seguintes aspectos de NdC:

1. Comunicação Pública da Ciência.
2. Transdisciplinaridade.
3. Econômicos.
4. Científicos.
5. Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Em seguida, ele explicou como utilizou cada um deles em sua análise. Por exemplo, no que se refere à Comunicação Pública da Ciência, ele utilizou na: “comparação entre a literatura científica e jornalística do fato”, o que possibilitou a expressão de várias ideias relacionadas a tal elemento. Com relação à transdisciplinaridade, ele destacou que se tratava de uma: “abordagem combinada de várias Ciências diferentes para que o objetivo proposto fosse cumprido”, o que, mais uma vez, vai ao encontro da essência do MoCEC v.2. Além disso, ele reconheceu a relevância de questões econômicas na Ciência ao informar que utilizou os aspectos econômicos para analisar “notícias, números e documentos do ministério público”. Finalmente, ele destacou a “influência

que a C&T sofreu pela população e que a C&T exerceu na população”, possibilitando assim a identificação do aspecto influência sociopolítica (SC).

Ainda sobre a análise da tragédia ambiental que ocorreu em Brumadinho, Gael informou que ela o auxiliou a pensar sobre os impactos sofridos e/ou exercidos pela economia na Ciência. De acordo com ele, “a Ciência muitas vezes tem que ser vista como algo rentável para receber investimento. Se vai contrária ao lucro é desvalidada e desmerecida”. Logo, identificamos os aspectos viabilidade e investimento econômico (EC).

Por fim, em seu portfólio, Gael apresentou a seguinte reflexão:

Durante as férias, realizei um evento de divulgação científica, trabalhei junto com seis colegas. No final do evento, os convidei para uma reflexão sobre o ponto no qual estávamos no início e o ponto que havíamos alcançado, enquanto profissionais e pessoas. Nesse sentido, penso que a Atividade 6 foi esse convite à reflexão para que nós nos déssemos conta de tudo aquilo que fizemos e como evoluímos. Acredito que os difíceis questionamentos que nos foram feitos o tempo todo permitiram uma reflexão sobre aquilo que vivemos todos os dias na universidade: o ensino e a pesquisa. Percebo que hoje tenho mais facilidade para escrever, definir o que é Ciência e pensar fora da caixa.

Eu associaria esse processo a uma espiral, quando olhamos de cima, ao longo dos eixos coordenados x e y, pois esse processo parece um eterno andar em círculo. Porém, ao adicionarmos um terceiro eixo z – que podemos entender como um convite à reflexão – percebemos que estamos descrevendo uma espiral para cima, e nos desenvolvendo. Isso fica muito claro quando relembro o desafio que foi responder os primeiros questionários. Nem todo o questionário foi tão trivial. As últimas questões, sobre economia, são muito frescas e devem ter sido mais bem exploradas [E2-A6 – Portfólio 2C].

De maneira geral, esta reflexão é uma evidência de que sua visão *sobre* Ciências de fato se ampliou. Além disso, nos parece que ele atribuiu sentido a tudo que havia vivenciado até aquele momento na disciplina.

### **6.8 Atividade 7: Leitura do Artigo “Um Modelo de Ciências para Fundamentar a Introdução de Aspectos de Natureza da Ciência em Contextos de Ensino e para Analisar tais Contextos”**

Após os FP terem respondido o questionário anterior, enviamos um link para acesso a um artigo que discute uma visão *sobre* Ciências pensada especificamente para

ser discutida com professores visando dar suporte a ações voltadas para o planejamento e a condução de atividades que contribuam para um ensino de Ciências nas perspectivas defendidas nesta Tese.

Em uma situação presencial, faríamos uma apresentação das ideias presentes no artigo a partir de várias ideias expressas pelos próprios FP ao longo das aulas anteriores. Na situação remota, julgamos que isto ficaria muito cansativo e pouco produtivo em função da limitação das interações. Por isto, optamos por enviar o artigo e solicitar que eles lessem e nos enviassem suas dúvidas para, a partir delas, discutirmos suas principais ideias. Além de dúvidas sobre o conteúdo do artigo, eles podiam enviar perguntas relacionadas que extrapolassem o conteúdo específico do texto, e comentários e reflexões sobre o impacto de tal conteúdo, ou seja, sobre o que o artigo os fez pensar e/ou se o artigo contribuiu para modificar alguma de suas ideias prévias. Finalmente, para viabilizar a preparação da próxima aula a partir dos arquivos enviados por eles, combinamos que eles nos enviariam, via e-mail, as dúvidas, comentários e reflexões advindos de suas leituras até dois dias antes dela.

Em seu arquivo, antes mesmo de apresentar o que havia sido solicitado, Gael nos informou que:

Li o artigo e gastei muito tempo refletindo e pensando sobre os assuntos abordados. Algumas temáticas que são tratadas nesse artigo vão de encontro a algumas coisas que discuti na disciplina de Divulgação Científica. Outros itens foram discutidos comigo nas aulas de Filosofia no Ensino Médio, e não tenho algumas conclusões tão claras como as que estão elucidadas no artigo. Sem falar que tivemos a volta dos famigerados modelos (rs...).

Assim, estou com um pouco de dificuldade para transcrever os meus pensamentos. Daí decidi sumarizar em tópicos, para tentar ser minimamente lógico. Cada tópico é uma miscelânea de reflexões, questionamentos e comentários – mas atenção, não sei precisar a relevância desses. Ao longo dessa reflexão, vou tentar colocar alguns referenciais teóricos que possam ser úteis para explicar meus pensamentos e, de repente, conversarmos sobre.

Ao destacar a “volta dos famigerados modelos”, Gael reforçou nossa visão de que atribuir um significado à tal palavra estava sendo um desafio para ele ao longo da disciplina.

Gael enviou um arquivo com oito páginas, no qual suas dúvidas, perguntas, comentários e reflexões foram apresentados nos seguintes tópicos: Escrita do artigo e questões gerais relacionadas à educação, aprendizagem e uso de abordagens em contextos regulares de ensino; Alfabetização científica e “hierarquização do saber”; Inadequação; Metodologias; MoCEC e MoCEC v.2; e Comunicação Pública da Ciência e Divulgação Científica. Esta diversidade de tópicos, bem como dos questionamentos apresentados em cada um deles, demonstra seu interesse pela temática. Dos seus 38 questionamentos, 18 foram selecionados para discussão na aula síncrona.

No tópico referente à escrita do artigo e questões gerais, ele questionou:

Pensando na atividade de Brumadinho, no contexto apresentado, me parece de difícil aplicação uma abordagem dessa, uma vez que têm pré-requisitos claros – por exemplo, leitura e interpretação de textos científicos e interpretação crítica de notícias e documentos. Essa atividade pode ser aplicada em turmas do Ensino Médio? O que devemos adaptar? O que podemos esperar de resultado? E, sobretudo, qual é a responsabilidade que professores têm ao elaborar esse tipo de atividade?

Tais questionamentos demonstram a importância do reconhecimento de pré-requisitos e de que diferentes estudantes (em diferentes níveis) participam e aprendem de maneiras diferentes. Assim, os identificamos como indicativos de CCur, uma vez que: (i) para ele, tais pré-requisitos deveriam ser ensinados antes do desenvolvimento da atividade e seriam essenciais para alcançar os objetivos de aprendizagem de aspectos de NdC, levando em consideração o contexto em que os estudantes estão inseridos; e (ii) ele identificou que deveriam existir diferenças na transposição da condução de tal atividade do Ensino Superior para o Ensino Médio.

No início da aula síncrona, PQ perguntou: “Gostaríamos de saber se vocês acham que este artigo poderia ser lido por FP em uma disciplina diferente desta?”, e obtive algumas respostas como:

**Lara:** Eu acho que seria interessante sim. Eu pensei assim: “nossa, esse texto seria muito útil pra mim quando eu tava fazendo uma disciplina lá no terceiro período, que foi uma disciplina optativa também, ‘Ensino de Ciências e as Práticas Epistêmicas’, ou alguma coisa assim”. E aí eu pensei: “esse artigo me ajudaria muito na construção de uma sequência didática que a gente fez como trabalho final, porque lá eu fiquei super perdida, mesmo o professor tendo passado vários textos”. Mas, eu acho que esse artigo ajudaria muito também em outras disciplinas nas quais eu construí

sequências, ou então planejamentos de aulas. Seria muito interessante, eu ter achado esse artigo antes... Acho que ajudaria muita gente também.

**Gael:** Eu acho que esse artigo seria muito bem-vindo não só pra Licenciatura, mas pra Ciências básicas de uma forma geral. Porque eu acho que em um dado momento é esperado que a gente tenha um domínio sobre a Ciência, que alguns profissionais formados, colegas, professores do Departamento de Química não têm. Então, fica difícil ter uma sequência lógica no nosso ensino... entender o que a gente tem que refletir pra assimilar aquele conteúdo. E até entender nossa posição de químico na sociedade se a gente não consegue fazer algumas reflexões que estão propostas ali. Então, eu acho que esse é um texto que deveria ser abordado. Textos dessa natureza deveriam ser mais indicados para gente ler, refletir e tudo mais.

Ao falar que o conteúdo apresentado em tal artigo a ajudaria, por exemplo, na construção de uma sequência didática, Lara destacou uma das funções do MoCEC v.2: a de ser utilizado como suporte no planejamento de situações de ensino autênticas. Por outro lado, a fala de Gael expressou uma certa indignação com o fato de eles fazerem um curso de Ciências Naturais e tal disciplina não ser obrigatória, ou de discussões *sobre* Ciências não serem integradas a outras disciplinas do curso, devido à sua percepção da importância daquelas discussões para a formação deles.

Na sequência, PQ questionou: “Além disso, gostaríamos de saber como vocês acham que seria se vocês tivessem lido este artigo no início da disciplina (antes de vivenciar tudo o que vocês já vivenciaram)? Por quê?”. A tal questionamento seguiu-se o diálogo:

**Vítor (integrante do G3):** Eu acho que ia ser meio sem graça a disciplina, porque o legal é que a gente tá meio que descobrindo as coisas e tudo mais, né?! Aquele questionário [Atividade 6] que a gente respondeu essa semana foi um retrospecto de tudo. Então, ler esse artigo no começo da disciplina ia dar tipo um spoiler de onde a gente quer chegar. Eu gosto mais de quando o estudante chega na conclusão por conta própria, do que de dar a resposta de cara, entendeu?! É isso!

**Lara:** Eu concordo um pouco com o Vítor, mas eu também gostei muito de ter lido o artigo e ter conseguido titular [nomear] os aspectos que eu não tinha conseguido antes. Porque algumas coisas eu tinha reparado, mas não conseguia explicar, não conseguia dar um título, um nome. Eu até relatei isso no meu Portfólio 2C. Depois que eu li o texto eu falei: “mas isso aqui era aquele negócio que eu tava tentando falar e não conseguia!”. Então, eu gostaria, pelo menos, de ter visto os nomes, pra me situar melhor nessa parte, porque eu realmente fiquei meio perdida. Mas, eu concordo com o que o Vítor falou também: teve graça sim descobrir depois, sabe?!

**P1:** Mas, em relação a isso, foi intencional essa história! Realmente, o que a gente queria era que vocês vivenciassem, começassem a perceber, a pensar nessas coisas, pra depois vir a sistematização. Tanto que outro dia [no final da aula síncrona anterior], eu tinha comentado que se a gente estivesse no presencial, iria fazer uma dinâmica completamente diferente pra apresentar as ideias do texto. Depois vocês leriam, não ia ser ler de cara! A gente ia buscar as ideias que vocês expressaram ao longo das aulas até aquele dia pra mostrar como quase todos aqueles aspectos de Natureza da Ciência a gente já tinha falado, sem dar nomes, claro! Nome a gente podia não saber, mas aquelas ideias já estavam por ali.

Mesmo Gael não tendo respondido, suas expressões faciais, como a de muitos de seus colegas que estavam com as câmeras abertas, indicavam concordância com a opinião de Vítor. O significado dessa concordância corrobora sua crença expressa anteriormente sobre a importância da participação ativa de estudantes em seu processo de aprendizagem.

Antes de começar a discussão sobre o artigo, PQ explicou que ela, P1 e P2 tinham dividido os questionamentos enviados por eles em três blocos: dúvidas específicas sobre o texto – ideias gerais; dúvidas específicas sobre o texto – MoCEC v.2; e dúvidas que extrapolavam o texto. Em seguida, as três conduziram a aula alternadamente, apresentando as dúvidas, perguntas, comentários e reflexões deles, seguidos de respostas e comentários delas.

Ao contemplar uma das reflexões feita por Gael no tópico referente às dúvidas que extrapolavam o texto, um diálogo somado a outras interações foi estabelecido:

**Reflexão de Gael:** Eu acredito que a Divulgação Científica possa ser uma das grandes áreas que o MoCEC v.2 propõe. Veja bem, vários aspectos de Natureza da Ciência foram elucidados nas citações<sup>53</sup>, e são abordagens diferentes que as outras áreas do conhecimento podem fornecer. Digo, estudar as dimensões da comunicação: mensagem, emissor, receptor, contexto, canal e código; e as funções da linguagem pode, em grande

---

<sup>53</sup> Gael havia escrito em seu arquivo: Para Pereira, Serra e Peiriço (2003), o destino da divulgação científica não é só divertir ou cultivar o público, mas também mantê-lo informado acerca das eventuais alterações na sua forma de vida. Ainda segundo Valério e Bazzo (2006), a divulgação científica atua na exposição pública não apenas dos conhecimentos, mas dos pressupostos, dos valores, das atitudes, da linguagem e do funcionamento da Ciência e Tecnologia (C&T), além de colocar seu potencial formativo e a inserção social de seus veículos na posição de destaque relativamente à construção de uma nova ordem de relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade. A Divulgação Científica está inserida em uma esfera maior que é a da Comunicação Pública da Ciência.

escala, trazer uma percepção diferente sobre Natureza da Ciência, no sentido de que as inadequações percebidas param de ser apenas coisas soltas e se tornam parte de um conjunto maior e mais complexo. Realmente me parece que se formos capazes de traçar esses elementos, é possível encontrar uma origem dessas inadequações e adaptá-las para a realidade de quem as têm.

**Comentário de P1:** Sim, a Comunicação pode ser uma outra área. Por isto previmos “?” no modelo. E, neste caso, teríamos que pensar em comunicação na Ciência. A comunicação da Ciência está em um nível mais externo, quer dizer, ela parte da Ciência. Então, mesmo podendo ser influenciada por algumas características da Ciência, tal comunicação tem outro público-alvo (diferente do envolvido na produção da Ciência).

**Gael:** Mas desde o último semestre que eu tive disciplina do campo de Divulgação Científica, eu tenho lido muitos artigos, tenho feito alguns estudos. E o que muita gente desse campo faz e traz pra gente como alguns relatos históricos é que, na verdade, a comunicação da Ciência não é uma coisa externa da Ciência, ela é parte da Natureza da Ciência. Porque durante muito tempo, e a gente tem vários relatos dos mais diferentes possíveis, não existia uma separação entre o ato de “fazer Ciência” e o ato de comunicar a Ciência. Então, pelo que eu entendi do artigo, pela proposta de uma área e tudo mais, na verdade, Comunicação da Ciência, Comunicação Pública da Ciência e Divulgação Científica, que são expressões completamente diferentes entre elas, fazem parte da Natureza da Ciência. A comunicação tem que ser pensada também, porque aquele modelo do CTS mesmo [Modelo Democrático de comunicação científica], é uma das formas de conseguir entender o que a sociedade tá interferindo na Ciência. Então, tem desde exemplos do projeto Manhattan, tem a Royal Society inglesa, que já em 1665 publicou um livro falando: “se você quer entrar aqui pra ser um cientista, você tem que saber comunicar”. E o que eles trazem é que justamente com o surgimento da parte mais teórica da Ciência é que acontece essa dissociação. Até por um pouco de prestígio da Ciência. Então, eu vejo um pouco isso, que é uma coisa que a gente tá tendo que reconquistar, né?

**P1:** É!

**Gael:** Porque, você saiu um pouco, vai pra um baile, tá tomando uma cerveja, você vai falar de Ciência? Minha mãe me criticou muito essa semana. Ela falou assim: “Gael, você vai ficar muito doido, porque você começa mandar áudios pros amigos e usa umas palavras muito doidas. Você não pode ser assim. Tem que voltar a ser sociável.” E, eu falei: “mas eu tô sendo sociável”. Então, eu acredito que tem essa dimensão da Ciência que engloba um pouco da comunicação.

Para finalizar tal diálogo, P1 confirmou que havia entendido e explicou que antes havia adotado uma postura contemporânea, diferente da postura histórica que Gael havia apresentado. Por fim, ela comentou que dois autores (Höttecke e Allchin) haviam publicado um artigo sobre Comunicação da Ciência naquele ano (2020), e que ela poderia sim ser uma nova área para o MoCEC v.2.

Com relação à fala mais extensa de Gael, pensamos que podemos entender comunicação *na/da* Ciência de maneira semelhante a pensamento crítico *sobre/com* NdC (como discutido em ALMEIDA; SANTOS; JUSTI, 2022; YACOUBIAN, 2015), ou seja, não faz sentido separar as expressões, a não ser didaticamente para caracterizar cada uma delas. Sua fala também nos ajudou a identificar os diferentes grupos de indivíduos (especialistas, não especialistas e público em geral) que podem estar envolvidos na área Comunicação da Ciência.

## **6.9 Atividade 8 – Pensando na Sala de Aula: Proposição e Justificativas de uma Atividade de Ensino**

Devido à extensão deste tópico, visando facilitar a leitura e acompanhamento por parte dos leitores, optamos por subdividi-lo de acordo com os diferentes momentos relacionados à atividade.

### **6.9.1 Características da atividade**

O comando desta atividade foi compartilhado e explicado no final da última aula síncrona para evitar a necessidade de uma aula apenas para isso. Assim, os FP poderiam aproveitar o dia e horário que seria destinado à tal aula para começar a desenvolvê-la. Sendo uma atividade muito importante na disciplina (uma vez que envolvia a proposição de uma atividade de ensino baseada no MoCEC v.2, o que favoreceria a mobilização de conhecimentos de NdC), eles tiveram o prazo de um mês para desenvolvê-la.

A atividade deveria ser apresentada no formato de um planejamento de aulas com os seguintes elementos: o contexto da aula; os pré-requisitos; o título da atividade proposta; sua natureza; o contexto envolvido nela; seu objetivo; a própria atividade (material do estudante); a abordagem de ensino adotada; os recursos didáticos necessários para desenvolvê-la; e uma proposta de avaliação do conteúdo abordado como um todo na atividade. Além disso, eles deveriam produzir o material do professor, visando explicar a outro profissional como ele foi pensado, elaborado e poderia ser desenvolvido em um contexto regular de ensino – visto que devido à pandemia não foi possível que eles mesmos o conduzissem. Finalmente, a natureza e o contexto da atividade que eles iriam propor eram de livre escolha, ou seja, não

precisavam ser as mesmas (investigativa, histórica e argumentativa) e os mesmos (cotidiano, científico e sociocientífico) que foram contemplados nas atividades que eles vivenciaram ao longo da disciplina (Atividades 3, 4 e 5).

Destacamos que a estrutura de planejamento que apresentamos como modelo para os FP é condizente com a recomendada por Akerson, Pongsanon, Rogers, Carter e Galindo (2017) no sentido de ser bem detalhada. De acordo com os autores, isto poderia resultar na elaboração de um bom planejamento por parte deles, o que, de fato, aconteceu (como evidenciado até o final deste tópico).

Como a atividade de ensino a ser proposta pelos FP tinha como objetivo inserir e discutir em alguma turma da Educação Básica, de maneira contextualizada, explícita e integrada, alguns dos aspectos de NdC introduzidos ao longo da disciplina, eles deveriam identificar os aspectos a serem introduzidos, assim como justificar tais introduções e propor maneiras de inseri-los e discuti-los. Visando acompanhar mais de perto o desenvolvimento da atividade, principalmente desta parte, eles foram solicitados a gravar os encontros virtuais dos grupos para que PQ pudesse ter acesso às discussões.

Ao final do prazo estabelecido, eles deveriam enviar via e-mail tanto o arquivo do planejamento quanto os slides para subsidiar sua apresentação para a turma. Os três planejamentos seriam compartilhados com todos, para que eles pudessem lê-los na semana em que cada um fosse apresentado e, após a apresentação, pudessem apresentar suas análises das propostas. Devido à importância desta atividade e das discussões que poderiam advir das apresentações, reservamos uma aula para apresentação e discussão da proposta de cada grupo.

### **6.9.2 Reuniões do grupo**

Ao longo daquele mês, os integrantes do G2 se reuniram seis vezes para desenvolver a atividade, totalizando cerca de 14h e 30min de discussões. Além disso, eles se reuniram uma sétima vez para fazer uma prévia da apresentação e, depois da apresentação, se reuniram mais duas vezes para discutir e fazer as alterações no arquivo do planejamento e gerar a versão final. Estas três últimas reuniões não foram gravadas, mas a realização delas foi registrada pela plataforma utilizada (Microsoft Teams).

Na primeira reunião, os integrantes do G2 levantaram algumas possibilidades, por exemplo, sobre a abordagem a ser adotada, o tema e o conteúdo a serem focados em sua proposta. No que se refere à uma possível abordagem a ser adotada, Gael afirmou que não gostava da ideia de eles adotarem a abordagem histórica porque geralmente isto significava usar filmes que, muitas vezes, contribuíam para reforçar estereótipos. Além disso, ele tinha receio de trabalhar com essa abordagem no Ensino Médio, pois achava que não conseguiria conduzir de maneira adequada uma atividade pautada nela. Lara admitiu que, apesar de se sentir confortável em conduzir uma atividade daquela natureza, era a que ela achava mais chata. Em seguida, Telma se manifestou de maneira contrária aos colegas: “mas vocês estão muito presos também com medo, e eu acho que nessa disciplina, pelo menos eu não estou sentido medo de errar. Então, eu acho que a gente pode arriscar!”. Todos concordaram e prontamente Rose afirmou que eles poderiam aprender mais ainda, pois P1, P2 e PQ iriam corrigir o que fosse necessário. Por fim, Telma complementou dizendo que em todos os cenários eles ainda sairiam ganhando, pois iriam aprender com seus erros.

Na fala de Gael, identificamos CPed no reconhecimento tanto do uso de caso histórico como uma abordagem de ensino quanto no uso de filmes como uma estratégia, ambos para introduzir e discutir aspectos de NdC. Ademais, com base em suas vivências ao longo do Ensino Médio (manifestadas durante e após a atividade baseada no filme “Madame Curie”), ele expressou sua crença de que filmes tendem a reforçar estereótipos, o que atuou como filtro para convencer suas colegas a não adotar tais abordagem e estratégia na atividade de ensino a ser proposta.

Visando identificar possíveis temas para serem abordados, Gael perguntou o que suas colegas gostavam para além da Química. Lara respondeu que gostava de desenhar, Telma e Rose que gostavam de assistir séries. Ele comentou que gostava de divulgação científica e que gostaria de integrar isso de alguma maneira na proposta deles. Em seguida, ele discorreu sobre um artigo que apresenta resultados de crianças que desenharam cientistas e que discutia os estereótipos atribuídos por elas a tais profissionais. Ele também relatou que o professor da disciplina de Divulgação Científica havia reproduzido tal estudo em escolas brasileiras e italianas, mas solicitando às crianças que contassem uma história com três personagens “sem” gênero (por exemplo, monstro, mágico e alguém inteligente) ao invés de desenhar. A ideia era que a pessoa

inteligente fosse um cientista. Depois disso, o professor pediu para elas desenharem cientistas, e os resultados mostraram os mesmos estereótipos do estudo original. Por fim, as crianças foram solicitadas a escrever uma carta para seus melhores amigos contando o que haviam feito. Nela, muitas crianças relataram que, ao desenhar um cientista, representaram algo que adultos entendessem, mas que suas visões de cientista eram diferentes das representadas.

A partir deste relato, Gael propôs que, na parte avaliativa, eles solicitassem que os estudantes escrevessem uma carta para seus melhores amigos contando o que eles aprenderam na atividade (que eles ainda iriam elaborar), pois isto teria uma função similar à do portfólio para eles naquela disciplina. Todas gostaram da ideia. Nesta parte, caracterizamos CAva gerais, isto é, sem relação explícita com NdC.

Ao comentar que gostava de divulgação científica e que gostaria de integrar isso de alguma maneira na atividade a ser proposta e ao relatar sobre os dois estudos, Gael evidenciou, mais uma vez, seus conhecimentos prévios sobre tal campo, que atuaram duplamente como amplificadores: quando ele levantou a possibilidade de abordar tal campo como tema da atividade; e quando usou o exemplo da carta para propor uma avaliação para a atividade. Ainda com relação a seus conhecimentos prévios sobre DC terem atuado como amplificadores, apresentamos como evidência uma de suas falas durante a primeira reunião para o desenvolvimento da Atividade 5 – Parte B. Segundo ele, devido à DC ser uma de suas áreas de pesquisa “ela sempre influenciava tudo o que ele fazia”.

Ainda no contexto da discussão do tema, Gael se lembrou das simulações da Organização das Nações Unidas (ONU) das quais havia participado durante o Ensino Médio, mencionando um órgão da ONU, International Energy Agency (IEA), voltado para a discussão da aplicação de radiações. Segundo ele, uma possibilidade seria propor um comitê simulado da ONU para debater a questão da energia atômica. Todavia, ele mesmo ressaltou que o produto deles seria um material para os estudantes estudarem previamente e sozinhos, e que ele achava que não era esse o objetivo da Atividade 8. Nesta passagem, categorizamos CPed relacionados à abordagem de natureza argumentativa a partir da expressão de uma crença baseada em uma de suas vivências com relação ao produto obtido ao longo da preparação para participar de uma

atividade como aquela, que atuou como um filtro para a não adoção da abordagem de júri-simulado.

Mais à frente, Gael sugeriu abordar o conteúdo relacionado a representações de moléculas, justificando em termos das dificuldades com aspectos de geometria espacial que identificava como frequentes entre seus estudantes de aulas particulares. Inicialmente, ele propôs uma aula introdutória sobre Hidrocarbonetos para o 3º ano do Ensino Médio, destacando que talvez os estudantes pudessem propor um jeito diferente de representar as moléculas e, a partir disso, assimilar melhor um código de representação que já existe e é adotado universalmente. Logo depois, propôs mudar o público-alvo para estudantes de 1º ano, sendo o foco da aula Geometria Molecular. Além disso, ele perguntou se tal atividade não seria uma atividade de modelagem. Lara, que havia cursado uma outra disciplina optativa, afirmou que, dependendo de como a atividade fosse elaborada, poderia ser uma atividade de representações multimodais.

Em função da dúvida, Gael chamou a atenção para a necessidade de eles serem coerentes com a abordagem adotada e que, para tanto, era necessário que estudassem sobre as duas para conseguirem definir. Rose e Telma falaram que aquela era a ideia de que elas mais tinham gostado. Telma falou, ainda, que naquele momento eles já tinham uma direção e que era necessário estudar e relacionar com o MoCEC v.2. Gael aproveitou para dizer que alguns aspectos de NdC poderiam ser discutidos, por exemplo, a complexidade (PC) em criar e expressar um modelo.

Naquela reunião, o contexto de aprendizagem, no caso a turma fictícia, foi definido levando em conta apenas os conteúdos científicos, mais especificamente os químicos. Entretanto, no Portfólio 3, Gael nos informou que: “Coletivamente decidimos trabalhar com estudantes do 1º ano do Ensino Médio, que ainda teriam pouca vivência no ‘fazer Ciência’.”.

Depois de assistir as reuniões, PQ sempre dava um feedback para os FP também via chat. Em parte de seu feedback, ela deu algumas informações que poderiam ajudá-los a definir qual abordagem de fato pretendiam adotar:

Por fim, as perguntas que não querem calar: é modelo ou representação? É modelagem ou representações multimodais? rs... Depende! Se as representações forem utilizadas como ferramentas de pensamento, são

modelos. Se forem utilizadas apenas para representar e pronto, são representações.

Na próxima reunião, tendo como referência o feedback recebido, Rose afirmou que a abordagem que eles estavam adotando, de acordo com a estrutura das atividades que eles haviam pensado (que não contemplavam todas as etapas da modelagem), era a de representações multimodais. Em resposta, Gael destacou que o grande diferencial daquela atividade seria envolver aspectos de NdC. Portanto, para ele, o caminho a ser seguido era identificar quais aspectos eles gostariam de abordar para depois definir o restante. Por isso, achava que valeria a pena eles discutirem e investirem um tempo nisso. Ele também afirmou que a modelagem requeria mais tempo do que a multimodalidade porque, ao elaborar modelos, era preciso revisá-los, algo que não necessariamente ocorria ao elaborar representações diferentes. Para ele, isto indicava que simples representações não eram ferramentas de pensamento. Além disso, Gael afirmou que às vezes os resultados poderiam ser parecidos, mas que as metodologias eram bem diferentes.

A partir dali, o grupo resolveu começar a elaborar um planejamento mais geral para, então, começar a identificar os possíveis aspectos de NdC a serem abordados. Considerando que o tema da aula seria Geometria Molecular, Gael afirmou, com base em suas experiências com aulas particulares, que existiam estudantes que não sabiam o que era molécula. Portanto, eles deveriam ter em mente estudantes médios (em termos de dificuldades de aprendizagem) para que a atividade não excluísse alguns estudantes. Assim, ele expressou uma ideia geral que consideramos importante, visto que um planejamento de aula deve ser elaborado pensando em estudantes com características claramente definidas e em incluir o máximo possível de estudantes.

A partir daquele momento, Gael abriu um arquivo em Word e compartilhou a tela de seu computador com suas colegas, para que pudessem começar a elaborar o planejamento juntos. Para iniciar, Lara comentou que seria interessante se eles conseguissem elaborar um texto semelhante ao apresentado na atividade sobre mumificação para contextualizar as atividades que eles iriam propor. Gael reconheceu que não havia pensado na contextualização, mas que achava a ideia interessante. Ele propôs a passagem da Alquimia para a Química considerando que, na Alquimia, a água era um elemento e na Química ela não está representada como elemento na tabela

periódica. Portanto, o que seria a água? Um grupo de átomos. Então, isto seria algo interessante para representar. Em seguida, ele comentou que desenvolver aquela atividade estava sendo mais difícil do que resolver as provas de Quântica. Lara e Rose falaram da dificuldade de propor uma atividade sem conhecer a turma, os estudantes em si, o que foi trabalhado com eles, suas dificuldades etc. Por fim, eles discutiram sobre a possibilidade de, visando facilitar a visualização, apresentar o planejamento de maneira geral em um quadro com informações sobre a duração em tempo da etapa, a etapa seguida de sua explicação, a abordagem e os possíveis aspectos de NdC que poderiam ser introduzidos e discutidos. No final, todos concordaram com o formato e dividiram as tarefas entre eles.

Como de costume, após assistir ao vídeo da reunião, PQ enviou seu feedback, do qual destacamos alguns comentários:

Rose, ontem dei uma olhada no Drive e li por alto o que você tinha redigido. Eu vi que você apresentou a abordagem de modelagem e depois a de representações multimodais, justificando que a proposta de vocês estava baseada nesta última. Fui lá conferir agora e vi que você complementou que a proposta não abordava as quatro etapas da modelagem. Era exatamente isso que eu iria sugerir. Contudo, sugiro que ao invés de colocar que a proposta não contempla as quatro etapas, vocês coloquem que ela não aborda as etapas de teste e avaliação e que, por isso, não é modelagem.

Agora, o comentário mais importante, rs... sobre os aspectos de Natureza da Ciência, em que momento devemos pensar neles? No início, do zero? No final, depois de tudo pronto? Qual será a resposta?! Devemos pensar neles ao longo de todo o processo, e de alguma maneira vocês fizeram isto, pois se preocuparam com eles o tempo todo. Uma boa resposta para essas perguntas seria: pensar de maneira equilibrada, pois o início seria um extremo e o final seria o outro extremo. Caso vocês tivessem assumido algum dos extremos teria sido muito “forçado”. Portanto, a estratégia que vocês adotaram foi muito boa: elaborar um planejamento geral (quadro) para depois identificar os aspectos (alguns deles vocês já tinham ideia) e depois “otimizá-los, ou seja, torná-los mais explícitos” (by Lara). Enfim, bom trabalho para vocês e qualquer dúvida estou à disposição!

Ao afirmar que a preocupação deles com a introdução dos aspectos de NdC no planejamento foi uma constante, o objetivo de PQ era destacar que houve apenas a preocupação. Isto porque ao longo dessas duas reuniões eles afirmaram que deveriam introduzir tais aspectos nas atividades, mas ainda não haviam conseguido fazer isto.

No início da terceira reunião, Rose (que havia ficado responsável por redigir a introdução, objetivos e referencial teórico) compartilhou sua tela e começou a ler o que havia escrito, para que todos pudessem fazer seus comentários e dar contribuições. Quando ela terminou de ler a parte sobre as abordagens modelagem e representações multimodais, surgiu novamente a dúvida sobre qual seria a abordagem adotada. Lara comentou que talvez eles conseguissem contemplar as etapas de teste e avaliação da modelagem, mas que aquilo dependeria dos comandos das atividades que ainda seriam redigidos. Após a leitura completa, todos ficaram satisfeitos e elogiaram a escrita de Rose que havia redigido um referencial teórico pela primeira vez.

O mesmo foi feito para a parte de Lara. Nela, como na parte anterior, ficou faltando identificar os aspectos de NdC e a maneira de introduzir tais aspectos. Por isso, Gael perguntou se podia ler o texto que ele havia redigido sobre Alquimia que visava contextualizar o conjunto de atividades apresentado mais adiante, pois achava que a leitura de tal texto os ajudaria nisto. Ele explicou que a ideia central do texto era apresentar as principais características históricas e culturais da Alquimia. Logo, isto foi categorizado como CPed no que se refere à maneira contextualizada de introduzir aspectos de NdC, sendo a Alquimia o contexto utilizado como pano de fundo, como evidenciado na versão final da proposta (Anexo A) no tópico planejamento de aulas e estratégias para o professor: “Na primeira parte da aula, será apresentado, pelo professor, o texto ‘História da Química: A Alquimia e os Elementos Químicos’ com o intuito de introduzir, de maneira contextualizada, o tema da aula aos estudantes.”. Ao final, as meninas falaram que gostaram muito do texto, mas que sentiram falta de uma ligação explícita com os questionamentos apresentados logo em seguida.

Logo após, Lara retomou a leitura de sua parte que, além de complementar o quadro (planejamento geral), era voltada para as ações do professor em cada uma das etapas do conjunto de atividades. Ao final daquela reunião, ficou acertado que, na próxima, eles terminariam a revisão do que já havia sido produzido e discutiriam os aspectos de NdC, pois isto seria essencial para a produção dos slides, que deveriam estar prontos na próxima semana. Telma avisou que já havia elencado alguns aspectos de NdC em sua parte e Gael levantou a possibilidade de novos aspectos associados à área Comunicação da Ciência emergirem dos comandos das atividades que ele ainda iria redigir. Novamente, relacionamos esta fala com seus conhecimentos prévios sobre o

campo de DC e que atuaram como amplificadores na proposta de seu grupo, como evidenciado mais adiante.

Por fim, Gael propôs que a etapa de socialização fosse em formato de congresso, para que assim os estudantes pudessem atuar de maneira análoga aos cientistas em tal tipo de evento científico. Tal proposta foi plenamente aceita.

Antes da próxima reunião, Gael enviou uma mensagem via chat para a PQ:

[...] enquanto planejávamos a atividade, decidimos fazer uma avaliação processual baseada na redação de uma carta, na qual os estudantes serão convidados a apresentar o modelo que eles fizeram, bem como ilustrar algumas dificuldades e insight que eles tiveram durante a tarefa de propor uma representação para as moléculas.

Eu estava pensando um pouco nos aspectos de Natureza da Ciência, e cheguei à conclusão de que a redação dessa carta pode ser tida como um elemento de comunicação – que não está incluído, por enquanto, no MoCEC v.2. Porém, nós podemos propor esse aspecto ou você acha melhor não?

E obtive como resposta:

Olá, Gael! Por enquanto, isso entraria na “conta” do aspecto representação na área Psicologia da Ciência. Mas, já percebemos que ele é limitado quando pensamos no processo de comunicação da Ciência. Então, sintam-se à vontade para propor.

Tal mensagem destaca mais uma vez que seus conhecimentos prévios sobre DC atuaram como amplificadores na proposta de seu grupo.

Logo no início da próxima reunião, Gael sugeriu que eles se concentrassem inicialmente na finalização do planejamento das aulas. Em seguida, afirmou que estava sendo muito difícil para ele cursar aquela disciplina sem ter feito nenhuma outra disciplina específica da Licenciatura antes. Entendemos tal afirmação como um reconhecimento de que ele não tinha muitos PCK para NdC que poderiam ser mobilizados durante a elaboração do planejamento de seu grupo.

No que se refere ao contexto envolvido na atividade, Telma o havia considerado como científico e Gael propôs alterar para “vivência científica”, tendo em vista, por exemplo, o formato de congresso (simulado) que ele havia proposto para a etapa de socialização. Logo, caracterizamos a identificação de que o que ocorreria seria uma vivência científica como CPed relacionados à abordagem para vivenciar aspectos

de NdC. No planejamento, caracterizamos CCur quando eles identificaram que um dos objetivos da atividade era promover o aprendizado de aspectos de NdC associados a diversas áreas de conhecimentos conforme apresentados no MoCEC v.2.

Na sequência, Telma afirmou que havia conseguido identificar apenas aspectos associados às áreas Psicologia (criatividade, inteligência, racionalidade, representação, subjetividade) e Sociologia da Ciência (falibilidade, incerteza e interação entre cientistas). Contudo, tais aspectos não foram classificados, pois nem ela nem os demais integrantes do grupo estabeleceram as relações necessárias deles com o conjunto de atividades em si. Prontamente, Gael destacou que seria possível incluir outros aspectos e de outras áreas, mas que isso dependeria de como o professor conduziria a discussão das atividades. Segundo ele, seria possível discutir aspectos associados à área História da Ciência, como influência histórica a partir do texto sobre Alquimia. Depois disso, Gael concluiu que a maneira mais fácil de identificar os aspectos de NdC e as maneiras de introduzi-los seria analisando o conjunto de atividades como um todo. Lara concordou com ele e lembrou que depois eles teriam que justificar a introdução de cada um dos aspectos.

Ao final daquela reunião, os integrantes do G2 enviaram a seguinte mensagem para PQ via chat:

Boa noite, PQ! Nas nossas últimas reuniões esclarecemos melhor as etapas das atividades e o caminho que o planejamento de aulas tomou. Por isso, gostaríamos que você desse uma lida no anexo do documento no Drive, no qual estão descritas as atividades e, novamente, nos ajudasse a decidir em qual metodologia de ensino nosso planejamento se enquadra: modelagem ou representações multimodais?

Tal dúvida havia sido levantada em todas as reuniões e parecia estar resolvida na reunião anterior. Contudo, como as atividades ainda não estavam totalmente redigidas e foram apresentadas e discutidas apenas naquela reunião, eles ainda estavam inseguros.

Sobre o questionamento enviado via chat, enquanto PQ assistia o vídeo daquela última reunião, ela respondeu:

Será que eu estou morrendo de rir com a proposta da Lara para o título da atividade: Representação de Molécula – Modelo ou Representação? Sim ou claro?!

Ah, e até o momento eu não tenho uma resposta para vocês com relação à abordagem adotada, espero ter até o final do vídeo, rs...

**Lara:** Também esperamos que você tenha, porque senão o nome vai ser esse mesmo, rs...

Devido ao fato de PQ assistir aos vídeos das reuniões para acompanhar mais de perto o desenvolvimento desta atividade, após as últimas mensagens em que ela fez menção a isso, Gael comentou via chat:

As reuniões mais vigiadas do Brasil!

Eu fico fazendo reunião, mas com dó de você PQ, de ter que ouvir uns comentários meus...

Esses dias pra trás, eu fiz uma comparação dessa disciplina com um reality show pra professores...

Temos nossas reações gravadas a todos os instantes...

@Netflix está nos perdendo!

Outro aspecto dessa disciplina ser um reality show: estão nos maratonando...

Estes comentários evidenciam que eles parecem ter se divertido em tais reuniões, o que pode ter contribuído para o grande engajamento que observamos de todos.

Um dia antes da próxima reunião, PQ respondeu o questionamento feito no final da última reunião:

A dificuldade em diferenciar representações multimodais de modelagem ao longo de todas as reuniões ocorre porque tais abordagens são próximas. A modelagem engloba as representações multimodais, mas o contrário não acontece. Isto significa que a modelagem é uma abordagem mais ampla.

Por fim, parabéns!!! Vocês conseguiram propor uma atividade de ensino fundamentado em modelagem tendo vivenciado essa abordagem apenas uma vez e sem estudar o referencial – apenas os excertos que havia enviado de minha Dissertação de Mestrado para Rose. Neste caso, Rose terá que excluir toda a parte de representações multimodais e apresentar a definição de modelo, modelagem e das etapas. Lara e Gael terão que correlacionar as atividades com as etapas, por exemplo, Parte 1 contempla as etapas de criação e expressão etc. Todavia, antes disso, Gael terá que fazer algumas alterações nas atividades, pois atualmente elas não contemplam a etapa de avaliação (a ideia está lá, porém misturada). Vamos lá! Sugestão: retire a molécula de  $H_2$  (pois não fará muita diferença) e deixe na Parte 2 as moléculas de  $CO_2$  e  $NH_3$ . Assim, essa atividade contemplará a etapa de teste. Na Parte 3, deixe apenas a molécula de  $BF_3$  para que a atividade contemple a etapa de avaliação,

pois seria a aplicação em uma situação diferente (que foge à regra do octeto).

A grande dificuldade de vocês e a minha também, foi identificar as etapas da modelagem nas atividades que vocês propuseram. Mas, por quê? Primeiro porque o que vocês propuseram é algo muito diferente do que o nosso Grupo de Pesquisa está habituado; segundo porque o que vocês propuseram como teste na Parte 2 na verdade não é o teste do modelo da molécula de água, pois ele meio que é descartado. Outros modelos terão que ser elaborados. Portanto, na verdade, o que os estudantes vão testar na Parte 2 é o modelo de como representar a estrutura de uma substância, ou seja, a lógica de construção da estrutura, entenderam?! Foi difícil entender isso. Até liguei para P1 para me certificar se fazia sentido e ela concordou comigo.

Então é isso, o grande problema foi resolvido. Agora, são necessários apenas alguns ajustes! Espero que tenha ficado claro. Qualquer dúvida estou à disposição! Bom trabalho para vocês!!!

Minutos depois, os integrantes do G2 responderam:

**Gael:** Ai meu Deus, esse momento é todo nosso, temos uma resposta! E muito trabalho pela frente... Obrigado pela disposição PQ!

**PQ:** Imagina, eu é que agradeço o empenho de vocês!!!

**Lara:** PQ, muito obrigada por todos os comentários, feedback e ajudas. Dá até gosto fazer trabalho assim!

**Rose:** MUITÍSSIMO obrigada pelo feedback, PQ! Como sempre, você esclareceu muito bem nossas dúvidas!

**Telma:** Muito obrigada por resolver o mistério, PQ!

Tais respostas nos mostram que eles estavam ansiosos aguardando pelo feedback da PQ. Gael fez questão de destacar isto em seu portfólio, ao escrever:

Decidimos trabalhar com modelagem mesmo sendo desafiador falar dessa abordagem para especialistas no tema [P1 e, parcialmente, PQ] – e aqui cabe um comentário: tamanha foi a liberdade, que decidimos usar o trabalho para aprender também (irônico, né?), e não só reafirmarmos o que já sabíamos [E3-A8 – Portfólio 3].

Na sequência, ele também apresentou a justificativa pessoal para adoção da modelagem como abordagem, destacando que fez questão de adequar os comandos das atividades para contemplar as etapas de teste e avaliação:

Acredito que uma forte contribuição dessa etapa para mim é: eu vivenciei escolher sobre o que eu queria aprender na disciplina. Não acho que é segredo para ninguém da turma como a ideia de modelo me confunde muito, mas também me intriga. Enquanto estudante, eu escolhi

ativamente trabalhar com algo que eu queria aprender. Foi desafiador, exigiu muita reflexão (ócio criativo: jogar videogame e refletir sobre o que é um modelo), mas eu vivenciei como uma atividade bem construída pelas professoras e por PQ, que me permitiram ser protagonista do meu aprendizado [E3-A8 – Portfólio 3].

Isto ficou muito evidente ao longo deste estudo de caso, pois em vários momentos ele demonstrou estar construindo um significado para a palavra modelo e atribuir grande valor ao seu protagonismo no processo de aprendizagem (uma de suas crenças).

Ademais, Gael fez questão de registrar no portfólio a grande dificuldade que seu grupo teve para definir a abordagem de ensino adotada por eles:

Acho importante deixar registrado uma dificuldade que enfrentamos ao longo de todo o trabalho e que foi discutida à exaustão: em um determinado ponto da atividade, nos demos conta de que estávamos perdidos, não sabíamos se de fato estávamos falando de um modelo ou de uma representação multimodal [E3-A8 – Portfólio 3].

Eles iniciaram a próxima reunião que foi nomeada “Seria o final???” com a vinheta do programa Big Brother Brasil (BBB). Todos estavam dançando e rindo. Telma ainda colocou um jogo de luzes de fundo. Rose e Gael deram início falando: “Boa noite, PQ! Bem-vinda ao reality show de professores mais vigiados do Brasil! Estamos chegando na semifinal.”. O fato de terem planejado isto mostra mais uma vez o envolvimento deles com a atividade e, porque não dizer, a satisfação de a estarem desenvolvendo.

Na sequência, Gael compartilhou sua tela para que todas acompanhassem os ajustes finais que seriam feitos durante aquela reunião no texto do planejamento de aulas e em sua formatação. Em um dado momento, ele perguntou se suas colegas achavam que dava tempo de incluir a explicação sobre a área Comunicação da Ciência e a proposição de seus aspectos no referencial teórico. Lara falou que o apoiava. Lara e Rose afirmaram que sabiam que existiam aspectos associados àquela área na parte delas, mas que elas não tinham propriedade para explicar. Prontamente, Gael se disponibilizou a ajudá-las na identificação e justificativa de tais aspectos. Para finalizar, eles leram as partes às quais ficaram responsáveis: identificação e justificativa dos aspectos de NdC e material do professor.

Na próxima reunião, que foi nomeada como “Agora sim, a última!”, Gael começou lendo a parte sobre Comunicação da Ciência que ele havia redigido. Todas elogiaram o texto. À medida que ele ia lendo e explicando os aspectos propostos, todas iam identificando e justificando a presença de tais aspectos em suas partes.

Sobre a apresentação, Gael sugeriu que, ao longo dela, eles fizessem alguns questionamentos para os colegas da turma, para favorecer o envolvimento deles na discussão. Ele também sugeriu que uma pessoa ficasse responsável pela apresentação do planejamento (Lara se ofereceu); duas pessoas fossem responsáveis pela discussão sobre se é modelo ou representação (Rose e Telma se disponibilizaram); e outra pessoa para apresentar os novos aspectos propostos (ele mesmo). Finalmente, os aspectos de NdC seriam apresentados por todos, pois cada um iria apresentar alguns dos aspectos que foram identificados em sua parte. Todas concordaram.

No arquivo do planejamento de aulas enviado pelo G2, destacamos algumas ideias como: “[...] é importante a participação ativa dele [estudante] no próprio processo de aprendizagem, evitando aulas totalmente monótonas e baseadas na reprodução das ações do professor, sem questionamentos ou reflexões”. Este trecho foi retirado do primeiro parágrafo da Introdução. Nele, os integrantes do G2 explicitaram a visão do processo de aprendizagem na qual acreditavam e tentaram se basear ao elaborar a proposta. Eles também enfatizaram a visão do processo de ensino que compartilhavam e buscaram seguir, inclusive ao elaborarem o material do professor:

[...] tratando-se de Ciências é essencial que, como enfatizado por Santos (2019), os conteúdos sejam apresentados de maneira contextualizada e/ou explícita e/ou integrada, possibilitando que o estudante entenda o contexto no qual aquele tema pode ser inserido, como aquele conhecimento científico que está sendo trabalhado foi influenciado por diversos aspectos relacionados ao meio e aos cientistas e, por fim, a relação desses aspectos com outros temas das Ciências. Portanto, ao elaborar um planejamento de aulas, refletir sobre a aplicação desses conceitos pode auxiliar no processo de aprendizagem do estudante.

Ainda neste tópico, categorizamos como CPed relacionados à NdC toda a parte voltada para a introdução e discussão de aspectos de NdC a partir de atividades de modelagem. Na sequência, categorizamos como CCon a parte em que o MoCEC v.2 foi apresentado e explicado. Em seguida, foram explicitados novamente os conhecimentos prévios de Gael que apareceram durante todo o processo de elaboração

do planejamento sobre o campo de DC que atuaram como amplificadores na proposição, apresentação e explicação da área Comunicação da Ciência (CC) e dos seis aspectos associados por ele à tal área: comunicação entre pares, tradução, saberes populares, conceitos, signos e representações e questionamentos (ver Anexo A).

Entretanto, como discutido no próximo capítulo, entendemos que (i) a comunicação entre pares tem a ver com um dos objetivos de especialistas (cientistas): persuadir seus pares; (ii) saberes populares se relacionam com um dos papéis que o público em geral pode assumir: o de ser mediadores de conhecimentos científicos; e (iii) o elemento tradução é específico do campo de DC, assim como os três últimos elementos são específicos das Ciências. Assim, salientamos que o que os integrantes do G2 nomearam como aspectos, entendemos como elementos, visto que eles são bem específicos, ou seja, não são amplos como os demais aspectos elencados no MoCEC v.2. Por este motivo, independente de nossas divergências de interpretação, além de conhecimentos prévios que atuaram como amplificadores, também categorizamos tais ideias como CCon, visto que houve uma organização sistemática e coerente de tais conhecimentos de maneira relacionada com NdC.

Na contextualização da atividade, os integrantes do G2 apresentaram as seguintes justificativas para adoção de uma abordagem investigativa:

Pensando em propor uma atividade que contemple a participação dos estudantes de maneira ativa, não apenas como espectadores, nosso planejamento de aulas pode ser caracterizado como de natureza investigativa, pois tais atividades dão oportunidade aos estudantes de se envolverem desde a interpretação do problema em questão até a etapa de propor uma solução para ele. Isto, por sua vez, possibilita que haja interação, aprendizado, desenvolvimento da criatividade e do senso crítico deles.

A partir delas, fica mais claro que eles entendiam as potencialidades da abordagem adotada e que ela era coerente com a visão deles sobre o processo de aprendizagem.

Em um outro momento, eles informaram que:

A forma como as etapas foram propostas mostra que nosso intuito não é julgar como “certos” ou “errados” os modelos que serão criados, expressos e apresentados pelos estudantes, mas sim levá-los a entender como eles são utilizados no meio científico e por que são utilizados daquela forma, contribuindo para as aprendizagens futuras no Ensino Médio.

Isto tem a ver com os conhecimentos de modelagem como uma abordagem investigativa de ensino e, neste caso, tem uma relação direta com NdC, no sentido de uma influência da visão *sobre* Ciências deles – o que também é explicitado em um outro trecho:

[...] entendemos que com esta atividade podemos aproximar os estudantes da Ciência, inserindo-os em um contexto científico e mostrando que não é necessário um grande laboratório, computadores e equipamentos avançados para construir estruturas microscópicas e se divertir exercitando a criatividade com materiais simples como massinha de modelar e palitos de dente, blocos de montar (Lego®), tabela periódica e o próprio corpo (que propomos que seja utilizado nesta atividade).

Ainda com relação aos conhecimentos prévios que os estudantes deveriam apresentar para participar das atividades propostas por G2, eles informaram que:

[...] o desenvolvimento de conceitos depende de funções intelectuais complexas como memória lógica, abstração, capacidade para comparar e diferenciar. Por isso espera-se que, para utilizar os conceitos vistos anteriormente e realizar as atividades da maneira como foram planejadas, os estudantes possuam tais funções desenvolvidas. Também é esperado que os estudantes exercitem criatividade, raciocínio lógico, autonomia e coletividade.

Novamente, os integrantes do G2 explicitaram ideias que se relacionam às suas visões gerais sobre o processo de aprendizagem. Além disso, eles explicitaram a importância de o professor conhecer as ideias dos estudantes e abrir espaço para que eles as expressem:

Ao final da atividade, após o professor acompanhar e mediar todo o processo (a avaliação do raciocínio lógico, interação e comunicação), ele teria elementos para identificar as concepções da turma sobre os conceitos utilizados na realização de cada etapa e, assim, identificar possíveis pontos que necessitam de maior clareza e entendimento.

Por fim, eles também apresentaram a visão geral deles sobre a atuação do professor, ao sugerirem a seguinte orientação para a condução da Parte 1 da atividade:

Se perceber que os estudantes estão se desviando do esperado para a etapa ou não estão levando em consideração os conceitos aprendidos anteriormente para representar a molécula, aconselhamos que o professor os conduza a um processo de reflexão por meio de questionamentos.

Em quase todas as partes do material do professor, eles também explicitaram sua visão sobre os processos de ensino e de aprendizagem. Por exemplo, na Parte 1:

É recomendado que o professor leia o enunciado da atividade e das três questões com os estudantes e, caso surja alguma dúvida, os guie à reflexão sem dar respostas diretas para que os modelos criados por eles não sofram interferência por parte do professor. É importante que os estudantes sejam encorajados a refletir e discutir sobre as observações. Também é aconselhado que o professor circule entre os grupos para que possa acompanhar o desenvolvimento da atividade e esteja disponível para eventuais dúvidas. Neste caso, a recomendação de não dar respostas diretas é importante para que os estudantes reflitam e expressem seus próprios conhecimentos. O professor também pode intervir caso note que algum grupo esteja indo por um caminho muito diferente do planejado, sempre tomando cuidado para não fornecer informações que prejudiquem a proposta da atividade.

Salientamos que também caracterizamos nas recomendações feitas nas Partes 2, 3 e 4 (que são muito semelhantes) CPed relacionados à vivência implícita de aspectos de NdC a partir, por exemplo, da vivência das etapas de criação, expressão, teste e avaliação de modelos. Isto também aconteceu nas recomendações feitas nas Parte 4 e 6, referentes às cartas, sendo que nelas também identificamos os aspectos falibilidade (PC e SC), limitação (PC) e não linearidade do pensamento (PC) quando eles mencionaram a importância de explicitar e relacionar a vivência dos estudantes com a dos cientistas:

Além disso, desta vez, os grupos devem contar suas experiências no congresso simulado e relatar possíveis erros, limitações e mudanças de opinião ou visão sobre o assunto. Para que não fiquem acanhados de relatar as limitações, erros e mudanças, o professor deve salientar que tudo isso acontece com muita frequência na Ciência, ou seja, com os próprios cientistas e, por se tratar de uma atividade que engloba um contexto científico, é normal que aconteça o mesmo com eles.

Na Parte 5, uma das orientações vai ao encontro das vivências de alguns dos FP (inclusive Gael) em laboratórios de pesquisa:

Vale a pena chamar a atenção dos estudantes para a organização que eles tiveram nas etapas anteriores. Se tudo tiver sido registrado, será mais fácil desenvolver esta atividade. Pode-se fazer uma analogia com o caderno de laboratório que os cientistas mantêm ao longo de suas pesquisas.

Além disso, nela também identificamos o aspecto representação (PC), relacionado à capacidade de um cientista de registrar suas ideias por escrito, por exemplo, durante os processos de produção e uso de conhecimentos científicos.

No texto relativo à primeira questão desta mesma parte (congresso simulado), que solicitava que os estudantes dessem um nome para o modelo criado por eles, caracterizamos o aspecto criatividade (PC) na seguinte orientação: “Esta etapa pode demandar tempo, mas pode gerar um engajamento e sentimento de pertencimento. É sugerido o estímulo à imaginação dos estudantes.”.

O aspecto representação (PC) também fundamentou uma recomendação feita na questão voltada para as representações que eles fizeram para as moléculas: “Peça aos estudantes para que levem as representações para que eles possam utilizá-las como auxílio na apresentação.”.

Ainda nesta mesma parte, nas sugestões apresentadas na quarta questão, caracterizamos CCon devido à referência feita, mesmo que de maneira geral, aos aspectos de NdC presentes no MoCEC v.2 que foram identificados e elucidados na proposta:

Talvez alguns estudantes não lidem bem com expressar as dificuldades. Nesse contexto se faz útil lembrar duas coisas: (i) resultado negativo também é resultado; e (ii) discussão explícita sobre as características da Psicologia da Ciência. Por isso é importante que o professor trabalhe com os aspectos dessa área como os evidenciados no próximo tópico.

Além disso, identificamos o aspecto limitação (PC) ao ser mencionado que talvez os estudantes poderiam não lidar muito bem com o fato de serem solicitados a expressar suas dificuldades ao participarem do conjunto de atividades proposto por G2. Ao incentivar o professor a discutir que resultado negativo era resultado, eles indicaram conhecer o aspecto falibilidade (SC). Com relação à área Psicologia da Ciência, chamamos a atenção para o fato de terem sido identificados 10 dos 13 aspectos associados a ela (complexidade, criatividade, falibilidade, influência motivacional, inteligência, limitação, não linearidade do pensamento, racionalidade, representação e subjetividade)<sup>54</sup>. Todavia, na proposta de G2, ao invés de explicitados, alguns deles

---

<sup>54</sup> Isto era esperado, uma vez que, ao propormos a Atividade 4 (vivenciada por eles), partimos de uma atividade elaborada anteriormente por Beatriz Almeida (2019), mas acrescentamos

seriam vivenciados pelos estudantes que participassem de tais atividades (como aconteceu no conjunto de atividades de modelagem vivenciado pelos FP). Isto porque, como evidenciado nos comandos das atividades propostas pelo grupo, os estudantes atuariam como cientistas, uma vez que eles simulariam o trabalho de um grupo de pesquisa, o que justifica um maior número de aspectos identificados e elucidados pelos integrantes de tal grupo. Salientamos também, como observado a seguir, que nem todos os aspectos foram explicitados, visto que alguns foram apresentados no material do professor com orientações explícitas de como discuti-los, enquanto outros seriam vivenciados de maneira implícita (ou seja, sem orientações de como o professor poderia destacá-los para seus estudantes).

Contudo, nas questões para a etapa de socialização, eles anunciaram que o ensino de NdC poderia ocorrer de maneira explícita ao informar que: “As questões aqui apresentadas, são um convite para reflexão e exposição sobre como pesquisas são feitas. O professor pode colaborar com exemplos pessoais para melhor compreensão dos estudantes.”. Por exemplo, na primeira questão, identificamos o aspecto complexidade (PC) quando eles sugerem que: “É sempre legal comparar essa vivência deles à dos cientistas, perguntando, por exemplo: eles também se sentem desafiados? Isso é um problema?”. Identificamos também o aspecto limitação (PC), na segunda questão, quando eles destacam sua importância ao escrever: “Os estudantes podem se sentir intimidados diante da atividade. Portanto, nesse momento é muito importante trabalharmos as limitações do ‘fazer Ciência’.”. Identificamos, mais uma vez, o aspecto complexidade (PC), bem como o não linearidade do pensamento (PC), ambos na terceira questão, quando os FP mencionam a presença deles no processo de construção de conhecimentos científicos: “Mais uma vez, é interessante exemplificar a recursividade e a complexidade do ‘fazer Ciência’, e incentivar a compreensão de que não são saltos cognitivos e sim um processo não linear de construção de conhecimentos científicos.”. Na quinta questão foi mencionado um dos objetivos de especialistas (cientistas), o de persuadir seus pares (CC), quando foi recomendado que se trabalhasse a importância da comunicação científica entre pares. Na questão voltada para a popularização dos conhecimentos científicos, como os estudantes atuariam como cientistas, eles

---

outros recortes que retratassem elementos humanos no contexto científico. Assim, os aspectos de tal área foram bem enfatizados na discussão daquela atividade.

destacaram os papéis de especialistas que são tanto produtores quanto consumidores de conhecimentos científicos (CC). Na questão voltada para as diferentes maneiras de se comunicar (via cartas ou apresentação em congresso simulado), mais uma vez foi demonstrada a visão de aprendizagem que permeava a proposta quando eles explicitaram seus objetivos: “O intuito final é que os estudantes possam ser agentes ativos durante o processo de aprendizagem deles.”

No tópico identificação e elucidação dos aspectos de NdC presentes no conjunto de atividades, G2 não só identificou os aspectos, como estabeleceu relações com o conjunto de atividades (ver Quadro 2 – Anexo A). Para nós, as identificações foram coerentes com o proposto no MoCEC v.2: multiplicidade (HC); influência sociopolítica (SC) – duas vezes; influência cultural (AC); ética (FC); provisoriedade – três vezes; (HC); influência histórica (HC); e não linearidade (HC). Além disto, eles identificaram aspectos que associaram à área de CC que estavam propondo: tradução – que, como explicitado anteriormente, entendemos como um elemento específico do campo de DC; questionamentos; e signos e representações – que, como mencionado antes, estamos compreendendo como elementos gerais das Ciências. Todos esses aspectos ou elementos e áreas foram identificados no texto sobre Alquimia que seria utilizado para introduzir o conjunto de atividades.

Na sequência, nas 2ª e 3ª Etapas (conforme nomeado no Quadro 2) que envolviam todas as etapas do processo de modelagem, eles identificaram e justificaram os seguintes aspectos ou elementos: lógica (FC), complexidade (PC); criatividade (PC); falibilidade (PC e SC); influência motivacional (PC); inteligência (PC); limitação (PC); racionalidade (PC); representação (PC); não linearidade do pensamento (PC); interação entre cientistas (SC); e questionamentos (CC).

O mesmo foi feito para o congresso simulado. Nele, os aspectos ou elementos elencados e relacionados foram: epistemologia (FC); lógica (FC); criatividade (PC); representação (PC); subjetividade (PC); não linearidade do pensamento (PC); aceitabilidade (SC); falibilidade (SC); interação entre cientistas (SC); comunicação entre pares, evidenciando o objetivo de especialistas (cientistas) de persuadir seus pares (CC); e questionamentos (CC).

Por fim, nas cartas a serem redigidas para amigos, embora os aspectos de NdC dependessem do que os grupos de estudantes relatariam nelas, eles apontaram alguns possíveis aspectos ou elementos que poderiam emergir delas como: epistemologia (FC); lógica (FC); complexidade (PC); falibilidade (PC e SC); interação entre cientistas (SC); e tradução (CC).

Assim sendo, tanto os aspectos que seriam vivenciados implicitamente quanto os que seriam vivenciados explicitamente (com orientações para que o professor os discuta) por parte dos estudantes foram categorizados como CCon, uma vez que eles foram mobilizados pelos FP, em especial por Gael. Apesar de tais aspectos terem sido claramente expressos, os integrantes do G2 não foram capazes de evidenciar uma compreensão clara da distinção entre abordagem explícita e implícita de NdC. Eles acharam que a vivência por parte dos estudantes resultaria em eles aprenderem tais aspectos de NdC. Contudo, como apontado na literatura da área (ver ALLCHIN, 2011; 2013; 2017; KHISHFE, 2022; LEDERMAN, 2006; LEDERMAN; ABD-EL-KHALICK; BELL; SCHWARTZ, 2002; SANTOS; MAIA; JUSTI, 2020), dificilmente isto acontece e por este motivo a abordagem explícita é altamente recomendada. No próximo subtópico, isto fica ainda mais claro (especialmente no caso de Gael).

Finalmente, a categorização de CAva de acordo com a proposta de avaliação feita pelos FP a partir de relatos apresentados em cartas para amigos ficaria condicionada à expressão de aspectos de NdC relacionados ao processo que seria vivenciado pelos estudantes. Contudo, como a maioria dos aspectos seriam vivenciados de maneira implícita, pode ser que isto não acontecesse.

### **6.9.3 Apresentações dos planejamentos**

As apresentações dos planejamentos para a turma, seguidas das análises de cada uma delas, ocorreram em três aulas síncronas, iniciando-se por G3, cuja proposta versava sobre mulheres nas Ciências a partir de parte da história de Rosalind Franklin. Isto possibilitava, dentre outros aspectos, principalmente a introdução do aspecto ética (FC) nas Ciências ao relatar alguns comportamentos de Francis Crick, James Watson e Maurice Wilkins no contexto da descoberta da estrutura do ácido desoxirribonucleico (DNA).

Após a apresentação, P1 perguntou aos integrantes dos outros dois grupos o que eles acharam da proposta e se algo não tinha ficado claro. Imediatamente, Gael fez alguns comentários seguidos de muitas perguntas:

Eu queria entender um pouquinho melhor como foi a escolha da Rosalind Franklin pra fazer esse trabalho. Porque... uma coisa que eu vejo, de uma forma geral, os estudantes não têm conhecimento de quem ela era, né?! Porque se a gente tiver um conhecimento prévio sobre essa história, que pode ser tratado em aula de Biologia, por exemplo, em um outro momento, eu fico me perguntando: “como vocês chegaram à conclusão de que ela seria uma boa escolha? Por que não uma outra pesquisadora?”. Porque é uma coisa que eu vejo muito quando a gente mexe com Instagram, essas coisas todas, em praticamente todas as vezes que a gente vê divulgação de Ciências feita por ou para mulheres, ela tá ali no meio, sabe?! Isso não seria um problema? Como isso seria contornável?

Esta intervenção de Gael evidencia, mais uma vez, seus conhecimentos prévios sobre o campo de DC, bem como destaca um possível tipo de fonte que pode ser utilizado tanto pelos indivíduos que compõem o grupo de não especialistas quanto o grupo do público em geral: a mídia social Instagram.

Gael também comentou sobre o contexto selecionado pelo grupo para desenvolver a atividade proposta:

Uma coisa que eu percebo muito quando eu tô lidando com estudantes do 3º ano, sobretudo aqueles que estão muito preocupados com o vestibular é que eles não levam a sério o que a gente tá falando, porque eles acham que essas coisas que não são frequentemente tratadas em sala de aula não são coisas tão importantes, sabe?! Parece que é “invençione” nossa. E o que eu tava sentindo um pouco também é que em algum momento vocês pensaram em tratar a transdisciplinaridade como algo explícito, pra deixar claro pros estudantes que isso pode ser uma coisa importante, que isso é fundamental pra gente “fazer Ciência”, por exemplo, e pra eles fazerem uma prova do Enem também.

Este comentário vai ao encontro de algo que ele já havia evidenciado em atividades anteriores: sua compreensão sobre a transdisciplinaridade como interdependência de conhecimentos, resultando em uma compreensão de que a Ciência é múltipla. Além de ir ao encontro da essência do MoCEC v.2, isto evidencia sua visão ampla de Ciências. Logo após, Júlia, integrante do G3, explicou que por este motivo a avaliação da atividade que seu grupo havia proposto era a escrita de uma redação nos moldes do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem).

Por fim, apesar de a proposta do grupo visar principalmente a discussão do aspecto ética (FC), devido ao fato como a temática mulheres nas Ciências foi introduzida, um outro aspecto saltava aos olhos: influência cultural (AC). Visando que todos os FP tomassem consciência disso, PQ perguntou: “Quais outros aspectos de NdC poderiam ser abordados com a proposta do G3?”. Gael respondeu:

Um que eu trabalhei bastante e que me lembro agora de cabeça é a questão da provisoriedade do conhecimento científico. Porque a gente tem justamente alguns modelos do DNA sendo tratados de forma diferente, né?! O grupo identificou muito bem a história trilhada pra chegar nesse modelo que a gente tem de dupla hélice. Então, pra mim, é a provisoriedade do modelo de tripla hélice, das bases invertidas. Acho que isso é muito claro, porque hoje a gente sabe que não é assim, mas naquela época não tinha muita informação. Isso foi uma coisa que eu lembrei, mas eu tenho que olhar também. E outra coisa, talvez tenha algumas pinceladas da parte epistemológica, quando discute a Ciência por si, ali no núcleo onde você tá fazendo aquilo ali. E dando um spoiler da semana que vem, uma coisa que eu vi também que o grupo trabalhou é que tem umas características do que é a comunicação da Ciência para o cientista, né?! Eu vejo que tem uma característica de comunicação da Ciência entre pares ali também que eu acho legal de ser tratado.

Nesta resposta, ele explicitou os aspectos provisoriedade (HC) e epistemologia (FC), assim como destacou a comunicação entre pares, um dos objetivos de especialistas (cientistas).

Antes de apresentar sua proposta, os integrantes do G2 se reuniram pela manhã para fazer uma prévia da apresentação, reunião nomeada como “Mais uma??? Aquela não era a última?”. Uma evidência de outra natureza sobre o envolvimento deles com esta atividade é que nesta reunião Gael comentou via chat que havia cortado o cabelo para a apresentação, e Rose havia feito luzes no cabelo pelo mesmo motivo.

O planejamento elaborado por G2 (Anexo A) visava a introdução do conteúdo químico de Geometria Molecular a partir da modelagem de como representar a estrutura de uma substância. Isto seria feito considerando os contextos da Alquimia e contemporâneo integrados à divulgação daqueles conhecimentos que seriam construídos ao longo da vivência das atividades propostas por meio da escrita de cartas a amigos e da participação de um congresso simulado. Coube à Rose explicitar a dúvida que os havia acompanhado ao longo do último mês: se a abordagem adotada envolvia representações multimodais ou modelagem. Imediatamente após ela ter afirmado que

era modelagem, P1 questionou os integrantes do grupo qual seria o modelo oriundo da atividade proposta. Mais uma vez, Gael respondeu:

Pelo que a gente conversou, realmente, essa questão do que que seria um modelo foi uma coisa que gerou um pouco de discussão e a gente precisou da fonte do conhecimento do nosso grupo, que era a PQ, pra que ela ajudasse a gente. Porque se a gente pensa e compara essa atividade que a gente tá propondo com a do controle remoto que a gente fez no início da disciplina [Atividade 3], a gente tem um modo um pouco diferente de pensar. A gente não tá pensando no funcionamento de algo, a gente tá pensando é na teoria da modelagem molecular. Então, o modelo na verdade seria a Geometria Molecular. Então, a gente tá tentando extrair dos estudantes um conhecimento pra expressar essa Geometria Molecular, pelo menos ao longo do trabalho e pelas conversas que a gente teve, foi o que eu consegui entender.

Nesta resposta, ele explicitou mais uma vez o papel ativo do estudante na construção de conhecimentos.

Tendo ficado responsável pela integração da divulgação à proposta e pela explicação de como isso foi feito, Gael afirmou:

Acho que, nesse ponto, se torna particularmente útil contar um pouco dos bastidores desse trabalho. A gente pensou assim: “cara, a gente tá apresentando uma ideia de um modelo pra pessoas que trabalham com modelo, né?!”. Então, é uma coisa muito difícil! E, aí a gente conversou e falou: “o intuito da gente estar fazendo essa disciplina é aprender. Então, vamos tentar propor o nosso modelo aqui: uma atividade de modelo”. Na época, a gente não sabia que ia cair nesse vórtex se são representações multimodais ou se é modelo. E já que a gente já tava desafiando de um lado, de tentar, de adquirir um novo tipo de conhecimento, a gente falou: “por que a gente já não pega e tenta subverter um pouco a proposta da disciplina e propõe também uma nova área [rs...] do conhecimento pro MoCEC v.2?”. E, foi o que a gente decidiu fazer nas duas últimas semanas.

A gente tá querendo apresentar e falar um pouco sobre teoria da Divulgação Científica pra explicar como a gente vai fazer a introdução dessa nova área de conhecimento. E eu queria trazer primeiro a justificativa de porque Divulgação Científica, Comunicação da Ciência, ser uma área separada. Então, eu trouxe esse pequeno trecho que fala: “livros de Divulgação Científica são escritos, bem como demonstrações públicas de Física, Medicina e Química são realizadas sistematicamente pelo menos desde o século XVII. No início da Ciência Moderna, as divisões entre pesquisa científica e popularização, entre pesquisa, formação de profissionais e entretenimento eram muitas vezes praticamente inexistentes”, de forma que quando a gente começa a pensar sobretudo na Ciência Moderna, quando a gente começa a desenvolver ideias um pouco mais complexas, a gente vai ver essa dissociação do “fazer Ciência”

com a comunicação da Ciência. Quando, na verdade, muitas vezes a gente tem muitos exemplos de que isso acontecia concomitante.

Se a gente pensa, por exemplo, no Galileu Galilei, ele escreve diálogos. Mas, qual é o intuito dele escrever diálogos sobre as teorias dele?! É poder ter a participação, é a ideia platônica do diálogo. Você ter uma contraproposta à sua ideia, de forma que o público pudesse estar mais próximo daquela teoria. Então, muitas pessoas vão fazer isso. A própria história da maçã que cai na cabeça de Isaac Newton é uma forma de fazer divulgação científica que foi atrelada naquele momento. E por aí vai... Tem um caso de um astrônomo francês que não era um pesquisador particularmente ilustre, mas contribuiu muito pro ensino de Astronomia. E como que ele fez isso? Ele comia aranhas em praça pública. Ele chamava todo mundo pra chegar perto dele, começava a tirar do casaco umas aranhas, engolia essas aranhas e quando ele tinha a atenção do público, ele falava: “agora que vocês estão aqui, eu queria mostrar uma coisa mais impressionante do que um homem comendo aranhas, que são as estrelas”. Então, ele tirava uma luneta e começava a mostrar os planetas. Então, isso é uma característica que é intrínseca ao “fazer Ciência”, né?! Era muito preocupante... é uma preocupação dos cientistas contar pras pessoas o que eles estão fazendo. Se a gente pensar no nosso departamento, o projeto de extensão X é uma preocupação nossa de prestar contas à sociedade, né?! Embora, a divulgação científica não deva se restringir a isso.

Nesta fala, destacamos, de novo, seus conhecimentos prévios sobre tal campo que apareceram frequentemente ao longo da proposição desta atividade e que atuaram como amplificadores na proposta de seu grupo. Além disso, ele também mencionou os objetivos de especialistas (no caso, um astrônomo) e não especialistas (como jornalistas e divulgadores científicos): comunicar entre pares e divulgar informações científicas.

Na sequência, ele falou um pouco sobre a história de Prometeu, personagem importante na mitologia grega como uma divindade responsável por compartilhar o fogo do Olimpo científico com o povo. Além disso, explicou os dois principais modelos de comunicação científica: Modelo de Déficit e Modelo Democrático. No primeiro, o cientista é colocado em um nível superior e o público em um inferior, evidenciando o distanciamento entre eles. No segundo, pelo contrário, ambos são colocados em um mesmo patamar, respeitando suas diferenças com relação à formação e conhecimentos, e admitindo que a comunicação entre eles é de mão dupla.

Em seguida, ele abordou a diferença entre CC, DC, Comunicação Pública da Ciência (CPC) e Percepção Pública da Ciência (PPC):

E nesse momento se torna particularmente útil a gente entender essas quatro expressões que tão na tela [slide]. Uma coisa é a Comunicação da Ciência, que pode acontecer em vários níveis diferentes. Mas segundo o autor desse artigo de 2010 [Bueno], a Comunicação da Ciência acontece entre pares exclusivamente. Eu sou um cientista, vocês estão no mesmo contexto que eu, então eu vou comunicar essa Ciência pra vocês sem que eu tenha um cuidado maior em explicar o que eu tô fazendo. Explicar é uma palavra muito importante, e a gente vai ver daqui a pouco. Isso é diferente de divulgação, de tornar a Ciência popular. Só que existe uma outra diferenciação entre as expressões Divulgação Científica e Comunicação Pública da Ciência. No caso, a Comunicação Pública da Ciência seria tornar público o que é feito. Seria fazer uma adequação de um texto, levar num jornal e deixar a população ter acesso àquele texto. A Divulgação Científica dá um passo além disso. A gente vai ver daqui a pouco uma definição muito boa para Divulgação Científica. E aí entra a questão da Percepção Pública da Ciência, que é justamente qual vai ser o papel do público na hora de consumir aquilo que a gente produz como divulgação científica. Então, a gente precisa entender como o público também tá enxergando a Ciência.

Tanto é que se a gente lembrar do próprio William Laurence, que foi usado pelo governo dos Estados Unidos da América no projeto Manhattan pra conseguir o apoio e justificar o uso de uma bomba atômica durante a segunda Guerra Mundial, isso foi feito de uma forma que a gente consegue começar a ver que naquela época já se tinha uma ideia de quão importante era a sociedade intervindo na Ciência. A sociedade também intervém na Ciência. Isso já tava claro e precisava dessa validação.

Logo, nós estamos entendendo que Gael propôs CC como a feita pelos especialistas (cientistas) e que tem como um de seus objetivos persuadir seus pares. A CPC seria a feita pelos não especialistas (conforme exemplo dado por Gael, por jornalistas) a partir das mídias de informação, tendo como tipo de fonte, por exemplo, jornais. A PPC envolveria um papel do público em geral: consumidor de conhecimentos científicos. Além de explicitar tais significados, no final de sua fala, ele explicitou o aspecto influência sociopolítica (SC) ao mencionar a intervenção da sociedade na Ciência e vice-versa.

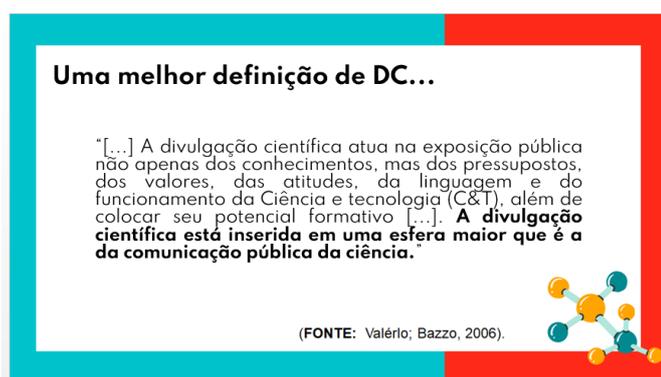
Em um outro slide, Gael apresentou e explicou a definição da expressão Divulgação Científica:

E qual seria uma melhor definição pra Divulgação Científica pra gente nesse ponto? É a do Valério Bazzo: “A divulgação científica atua na exposição pública não apenas do conhecimento, mas dos pressupostos, dos valores, das atitudes da linguagem do funcionamento da Ciência e Tecnologia (C&T). A Divulgação Científica está inserida então em uma esfera maior do que a própria Comunicação Pública da Ciência.”. Ela

engloba muito mais coisa do que apenas eu pensar o que eu tô falando pras pessoas, mas eu tenho que pensar tudo que está por trás ali. Então, qual é o valor da minha Ciência? Qual é o conhecimento que eu tô levando? Qual é a linguagem que eu escolho falar? É uma coisa que tá muito atrelada ao “fazer Ciência” por si só.

Chamamos a atenção para o fato de parecer que, devido a Gael ser apaixonado pelo campo de DC, como ele mesmo havia explicitado em outros momentos, ele entende que DC é mais ampla do que CC. Isto porque, na citação original, ao invés de “maior do que a própria Comunicação Pública da Ciência” consta “maior que é a da Comunicação Pública da Ciência” como mostrado na Figura 6.2.

**Figura 6.2** – Definição apresentada por Gael



Fonte: Arquivo PowerPoint do G2, 2020, slide 27.

Nós estamos de acordo com o autor, pois também entendemos que a comunicação engloba a divulgação, como detalhamos no próximo capítulo (mais especificamente nas implicações acadêmicas).

Gael também explicou e justificou alguns dos aspectos identificados na proposta:

Antes de eu falar dos aspectos, essa proposição foi uma coisa feita em duas semanas, com um conhecimento muito parco. Então é quase pegar essa ideia do modelo e meio que fazer uma brincadeira em cima dela pra ver se a gente conseguiu realmente entender o que tá por trás do MoCEC v.2. Dos principais aspectos da introdução – que seria aquele texto sobre Alquimia – eu vou destacar três: o primeiro é associado à Antropologia da Ciência, que vai tá ali justamente pra fazer uma comparação entre a abordagem que as populações cristãs tiveram sobre a Alquimia, que era uma prática proibida. Foi proibida até que eles prometeram riquezas, né?! [...] Mas a cultura cristã falava que aquilo ali era um conhecimento proibido, que não podia ser desenvolvido enquanto a cultura muçulmana falava: “não, na verdade essa é a forma que você tem de se aproximar de Alá, de se aproximar do seu Deus”.

Então, eles continuaram procurando e tentando descobrir um pouco mais sobre a natureza, sobre aquelas coisas todas. Então, a gente tem uma clara distinção entre as culturas.

A outra questão na área de Comunicação da Ciência seria a ideia de conceito, que é aquela ideia de que por trás de um conceito tem uma série de informações. Eu acho que um jeito muito legal de entender isso é comparar com quando a gente “zipa” um arquivo no computador. Você pega aquele zip, na hora você abre, descompacta, tem tanta coisa ali dentro, tem tanta informação diferente. Então, é um pouco isso. E, nesse caso, qual é o conceito-chave do nosso trabalho, desse texto em específico: a palavra elemento. É entender se o que os alquimistas estão chamando de elemento não são elementos pra gente hoje. Então, a compreensão deste conceito é fundamental pra que essa atividade seja desenvolvida.

Logo, identificamos em sua fala o aspecto influência cultural (AC). Ademais ele destacou o que nomeou como conceito – e que, como justificamos antes, entendemos como elemento.

Depois, ele também evidenciou o aspecto influência sociopolítica (SC):

E, por fim a outra área que eu queria destacar é a percepção, que vai justamente trazer uma discussão sobre como foi, a política, como aquele conhecimento se desenvolveu de forma diferente e como durante esse processo a gente vai ter uma variação sobre até as próprias questões sociais e tudo mais. Se a gente pensa na Alquimia de uma forma geral, ela se torna legal a partir de um dos conhecimentos, que inclusive muitas vezes é subvertido: a busca pela transmutação do ouro. Os reis, os monarcas interessados em obter ouro, às vezes não entendiam que pra alguns alquimistas, o ouro não era o ouro metal, né?! Na verdade, era um conhecimento elevado, era uma coisa diferente, era uma transmutação até do ser humano e não da matéria em si. Mas, aí a gente vê que a influência sociopolítica vai comandar muito algumas características que são abordadas no texto.

Salientamos que todos os aspectos destacados no texto sobre Alquimia foram identificados considerando que na época ela tinha status de Ciência. Isto porque, o MoCEC v.2 leva em conta contribuições de diferentes áreas para caracterizar a Ciência de maneira mais ampla (SANTOS; MAIA; JUSTI, 2020).

Na sequência, suas colegas apresentaram os demais aspectos que o grupo havia identificado na proposta. Para finalizar a apresentação, Gael propôs uma reflexão sobre o processo de planejamento:

**Gael:** A última coisa que a gente tem pra falar, só pra fazer uma conclusão, é que a gente conversou internamente, e hoje a gente fez

uma reunião antes da apresentação e levantou alguns pontos que consideramos que foram algumas dificuldades que a gente teve ao longo do trabalho. Eu acho que faz parte a gente fazer uma reflexão em cima de tudo isso que a gente fez, porque foi um trabalho grande, demandou muito esforço e nem tudo veio pronto, né?!

**Telma:** E decidir o que a gente ia fazer foi muito difícil também. A gente teve várias ideias e nenhuma agradava a todos no mesmo momento. Como vocês [P1, P2 e PQ] deixaram muito aberto: façam o que vocês quiserem, foram quase duas reuniões que a gente ficou discutindo pra decidir o que ia fazer e começar a trabalhar. Então, essa questão também foi bem complicada.

**Gael:** E eu acho que a gente teve um problema em delimitar o que tava fazendo porque o trabalho ficou muito grande, a gente tem ciência disso. Gente [colegas da turma que também tiveram que ler o planejamento proposto pelo grupo], desculpa! Mas, uma coisa que eu acho que chamou muita atenção foi a questão de trabalhar em grupo, porque a gente tinha que alinhar a expectativa de quatro pessoas que têm conhecimentos completamente diferentes, e tinha que chegar num ponto que tava todo mundo confortável com o trabalho, que todo mundo se sentisse representado de alguma coisa. E eu acho que todo mundo contribuiu muito bem, que todo mundo trouxe elementos muito importantes. Eu acho que sozinho eu jamais faria um trabalho dessa qualidade, e esta é uma das poucas vezes na vida que eu apresento um trabalho que eu vejo alguém respondendo alguma pergunta que é feita e eu tô tranquilo, porque sei que a pessoa conhece tanto do trabalho quanto eu. Não é uma coisa que eu sei um pedaço, a Rose sabe outro. Tanto é que na hora que a gente foi planejar essa apresentação hoje, a gente falou: “hum... vai ficar meio jogral o que a gente tá fazendo. Mas era porque todo mundo sabia um pouquinho de cada coisa e a gente tava ali pra completar”. Então, acabou que uma das coisas que foi mais difícil foi uma das coisas que mais nos ajudou no final. Foi muito bom fazer esse trabalho em grupo. Deu para rir, né gente?! Deu pra rir...

**Lara:** Deu tudo certo, deu bom! Foram dificuldades superáveis...

**PQ:** Enfim chegaram ao final do reality show, né?! Teve até vinheta do BBB. Como vocês já falaram entre vocês, e a gente já conversou também via chat, a gente sabe do quão trabalhoso foi, do quão difícil foi! Foi interessante vocês compartilharem com todos as dificuldades de vocês. Mas uma coisa que a gente não pode negar é que, ainda com tudo isso, com todo aquele calor, com todas as outras disciplinas, com a vida (porque tem vida além disso tudo, né?!), vocês ainda conseguiram se divertir muito e me divertiram bastante também. Então, no final a gente conseguiu aprender muito todos juntos e se divertindo! Agora acho que a gente pode abrir pras pessoas comentarem, fazer perguntas...

Este diálogo explicitou para os demais participantes da disciplina o que já havia sido evidenciado durante as reuniões do grupo: os integrantes do G2 realmente trabalharam autenticamente como grupo ao longo de todo o desenvolvimento da atividade. Além de eles terem se reunido sete vezes (até aquele momento, pois depois

eles fizeram mais duas reuniões para fazer as devidas alterações no planejamento de aulas). Assim, como comentado anteriormente, a dinâmica de trabalho deles e a motivação gerada por ela se mostraram essenciais para a mobilização e o desenvolvimento coletivo de conhecimentos de todos os integrantes (principalmente de Gael) nesta atividade.

Após algumas perguntas triviais sobre o planejamento, P1 questionou o porquê de eles haverem considerado que a parte das cartas seria uma abordagem explícita. Isto desencadeou o seguinte diálogo:

**Telma:** Bom, agora que você perguntou, eu acho que é integrada.

**P1:** Por quê?

**Telma:** Porque aí eles [estudantes] vão ter que conectar o que eles fizeram com o conhecimento que eles já têm. Mas não sei. Pode ser que eu esteja errada. Mas na minha visão, tem mais a ver com integrada. Eu não percebi isto. Alguém quer debater gente?

**Gael:** Eu acho que uma coisa que a gente conversou bastante é que a proposição da escrita dessa carta vem de uma discussão explícita sobre o que é “fazer Ciência”. À medida que a gente foi desenvolvendo esse trabalho, eu fui percebendo que tem alguns trechos que a gente fez divisão de seis partes, mas se a gente quisesse fazer novas subdivisões pra deixar o que é explícito, o que é contextualizado, a gente ia ver que ia dar pra fazer mais essas divisões. Justamente porque ao passo que tem de fato essa característica integrada que a Telma chamou a atenção, tem a outra, que é um discurso aberto do professor com o estudante. Como assim?! “Tá, você desenvolveu alguma coisa, agora a gente precisa que você conte o que fez. Então, me fala o que você desenvolveu.” Isso é uma vivência científica, não é? Então, tem algumas passagens que eu acho que permitem a gente fazer essa “brincadeira”, como falar com os estudantes o que eles estão fazendo de modelo e discutir o que é o modelo deles também é uma coisa explícita do que é “fazer Ciência”, né?! Então, eu acho que essa divisão... a gente pegou o que mais chamava atenção na hora que a gente escreveu. Pode ser que depois de sair daqui, a gente bata o olho e fale: “hum, talvez seja outra coisa”. Mas, eu acho que é um pouco assim, é revisitar o conhecimento, né?!

**P1:** É, mas, na verdade, eu questionei mais, porque claro que a intenção é o estudante explicitar aquilo. Mas pra gente dizer que é uma abordagem explícita tinha que ter um momento para o professor discutir o que os estudantes escreveram na carta para seus amigos, né?! O professor chamar a atenção dessas coisas, mesmo que fosse depois, em outra aula, depois de ele ler as cartas todas, ele poderia organizar uma maneira de buscar alguns pontos comuns... não sei! Qualquer jeito. Mas pra deixar claro essas questões e questionar coisas como: “Um grupo chamou atenção pra um aspecto. Ou, todo mundo chamou atenção pra um aspecto. E aí, como é isso?! Vocês viveram isso mesmo, não é?! Como é na Ciência?!”. Fazer esse paralelo. O professor fazer isso junto com eles é que caracteriza

uma abordagem explícita, não o estudante só explicitar ao escrever a carta. Tudo bem, eu entendi! O estudante explicitou o que ele pensou ali, mas se ficar só na carta do estudante fica faltando, né?! Fica meio perdido. O estudante pode explicitar uma coisa e falar: “será que é mesmo?! Ou: por que é?”. Então, pra ser uma abordagem explícita de Natureza da Ciência é importante que tenha uma discussão sobre isso, da mesma maneira que ter uma discussão sobre o que é um modelo, como é o processo de construir um modelo, de mudar... Promover um momento de metamodelagem no final é realmente o que faz eles entenderem mais sobre a coisa em si. Porque às vezes a gente acha que, pelo fato do estudante vivenciar uma determinada prática, ele aprende sobre ela. Não necessariamente! Às vezes ele aprende a fazer, mas ele não para pra pensar e refletir, ver o papel daquilo, os detalhes e coisas assim... Então, o que eu achei que faltou foi o momento de fazer a coisa mais explícita de verdade.

Este diálogo mostra que os integrantes do G2 tiveram dificuldade em identificar as abordagens explícita e integrada em sua proposta. Mesmo dividindo a atividade em partes, eles as confundiram. Por exemplo, na fala de Gael fica claro que o que ele estava achando que era uma abordagem explícita, na verdade era integrada. Apesar desta confusão, identificamos CPed em sua fala sobre como introduzir aspectos de NdC, uma vez que este era o foco.

No final da aula, ocorreu outro diálogo importante:

**Rose:** Eu tenho uma pergunta. É porque a gente propôs a questão da Comunicação da Ciência. Foi uma ideia do Gael e a gente entrou num consenso de que era legal. E pra vocês, é algo que se encaixaria, é algo que realmente fez sentido, ou foi loucura da nossa cabeça imaginar que poderia ser?

**PQ:** Então, eu até escrevi lá no planejamento que eu estou assistindo as aulas da disciplina “Introdução à Divulgação Científica”. Será por que, né?! Eu tenho lido algumas coisas, vou tentar fazer uma outra disciplina relacionada na Pós e nós temos a intenção sim de incluir essa área no modelo. Gostaria muito de que a versão 3 fosse apresentada como implicação na Tese. Não sei se será possível, porque leva um tempo, né?! A proposição da versão 2 levou três anos e tem muitas outras coisas... Todos os seis aspectos, vocês vão ver que eu complementei algumas coisas com base nas falas do Gael, nas discussões de seu grupo e com base no que eu tenho visto e lido, mas eu tenho pouco conhecimento ainda. Eu preciso me debruçar sobre esses referenciais. Eu encontrei um referencial, não sei se o Gael conhece, de Comunicação da Ciência aplicada à área de Educação em Ciências, que acho que vai me ajudar bastante. Todos os aspectos fazem sentido pra mim, eu entendi todos. Porém, como eu coloquei lá, não sei se eles são aspectos mesmo. E, por quê? Ao comparar com os aspectos que a gente propôs nas outras áreas, eles são muito específicos. Eu preciso estudar e entender mais pra tentar transformá-los em algo mais amplo, pra que não destoe do restante

dos aspectos do modelo. Vai precisar de tempo pra eu conseguir visualizar e ir maturando as ideias, mas faz todo sentido, ajudou muito, foi um pontapé inicial muito importante. Vocês não têm ideia do quanto vocês contribuíram. Hoje mais cedo eu tava até discutindo com P2 e ela falou: “será que a Comunicação da Ciência precisa ser como área? Não pode entrar como aspecto nas outras áreas?”. Eu posso mudar de ideia, mas hoje eu acho que deve sim ser como área, porque em todas as outras áreas a gente focou no cientista, em contextos diferentes. E se a gente pensa no processo de comunicação da Ciência, eu não posso pensar só no cientista, né?! Eu tenho que pensar no cientista e no cidadão comum que tem uma outra profissão. Então, por isso eu acho que precisa sim ser uma nova área. Mas, isso são cenas dos próximos capítulos.

**P1:** Como a PQ falou, sim, faz todo sentido. Tem algumas pessoas discutindo algumas coisas relacionadas com isso muito recentemente. Tem um artigo que saiu esse ano em que dois pesquisadores discutem uma ideia bem geral, bem ampla disso, mas valorizando essa história da comunicação. A gente mesmo tá escrevendo um artigo discutindo isso, mas sem muita consciência no início. Depois a gente percebeu que sim, tem a ver. Eu não tinha tocado no assunto porque é uma coisa que a gente vai querer discutir depois com vocês. Deixa acabar o semestre, ter tempo pra ler com mais calma, pensar... Eu não acho que aqueles seis que vocês propuseram são aspectos. Alguns são, outros não. Mas, com certeza foi uma contribuição bastante interessante, bastante importante pra motivar a gente a pensar nisso.

**Gael:** E mais um dos bastidores da nossa reunião: essa parte do trabalho foi escrita em uma madrugada. Literalmente, a gente tinha que entregar o trabalho na sexta. As meninas falaram: “Gael, como a gente vai entregar um trabalho discutindo comunicação sem a parte teórica?”. Foi uma coisa que eu tava pensando ontem, refletindo, voltando no trabalho... uma coisa que eu percebi é que a forma como o MoCEC v.2 é encarado na posição que eu tô hoje, na posição que vocês estão hoje, é completamente diferente. Porque eu acho que ele, para além de ser um modelo pra Educação em Ciências, ele tem uma perspectiva de aplicação na área de Divulgação Científica. É um pouco do que a PQ tava falando. Quando eu comecei a ler, comecei a matutar, falei: “cara!”. E foi até por isso que durante a apresentação eu fiz um pouco de questão de falar que era quase uma “brincadeira” a gente propor isso. Porque a gente falou: “Vamos ver o que a gente entendeu. Vamos ver o que a gente consegue produzir”. Porque, realmente, pra gente enquanto divulgador da Ciência, usar esses aspectos facilita muito pensar numa “teoria” de comunicação, no que falar, no que não falar, em qual área explicitar e qual não explicitar. Mas, eu não sei qual seria a contribuição disso pra Educação, sobretudo como tá formulado. Na apresentação, eu senti que tava muito descontextualizado, que é muito imaturo. Então, acho que é o que vocês falaram, é uma coisa que você tem que se debruçar, tem que estudar, tem que ver se realmente vale a pena ser acrescentado. Então, eu acho que se fosse o Gael do início da disciplina eu falaria: “não, é isso mesmo!”. Mas hoje falando, ouvindo o que vocês têm pra falar, vendo o que a gente propôs e no ponto que a gente chegou, eu entendo muito esse questionamento de vocês, de falar que a maioria não é aspecto em si, que tem que ser melhor trabalhado. E entendo inclusive a P2 perguntar se seria realmente uma área. Eu não sei o suficiente de Educação pra falar,

mas acho que propor a utilização do MoCEC v.2 como metodologia de como desenvolver material para comunicar Ciências é completamente viável. Acho que vai ajudar muito a repensar o que eu venho fazendo no meu trabalho no campo de Divulgação Científica, que vai ser bem legal o resultado disso.

**P1:** Mas aí Gael, tem que lembrar uma coisa: se você vai lá no nome, é Modelo de Ciências para o Ensino de Ciências, né?! Ensino pode acontecer em qualquer situação, não só dentro escola.

**Gael:** Eu concordo, foi até uma coisa que eu falei quando eu li o artigo pensando em uma expressão que vocês usam: a alfabetização científica.

**P1:** Sim.

**Gael:** Porque não necessariamente a divulgação científica faz essa função de ensino. Será que eu tô começando a pensar numa divulgação científica que é voltada pro ensino?! Pode ser que sim... São reflexões muito novas...

**P1:** Mas eu acho que quando a gente pensa no *de* Ciências, aí é muito ensino, né?! Se você pensar no *sobre* Ciências, talvez não. O *sobre* Ciências, eu acho que a comunicação... a divulgação tem um papel essencial, né?! As pessoas aprendem muito sobre isso nesse contexto. Então, acho que tem muito a ver. Em momento algum a gente pensou a coisa só para o contexto escolar. Essas discussões vão ampliando, só ampliando, e isso é muito bom!

Tal diálogo mostra a importância do feedback sobre a proposição do G2 com relação àquela nova área de conhecimento e de elementos associados a ela, pois Rose não esperou receber o arquivo comentado, no qual tudo o que foi falado estava escrito. Ademais, evidencia a relação estabelecida entre o MoCEC v.2 e sua aplicação no campo de DC, bem como o reconhecimento por parte de Gael de que, de fato, o que eles haviam proposto não eram aspectos de NdC (em sua maioria eram elementos). As mesmas ideias foram explicitadas de forma mais detalhadas em seu portfólio:

No último portfólio [2C], comentei sobre meu primeiro contato com o MoCEC v.2: perplexo, confuso e intrigado. Eu queria entender como aquilo foi desenvolvido (percebi isso relendo os questionamentos enviados). Isso suscitou a pergunta que me trouxe para o caminho das Ciências: “isso é suficiente para explicar tudo?”. Colaborativamente, começamos a testar... testamos nas atividades que estávamos propondo... discutimos... repensamos... mais ócio criativo... chegamos à conclusão: podemos usar isso para nortear e propor nossas atividades para que elas sejam contextualizadas, explícitas e integradas. Fomos além, e decidimos subverter um pouco mais o trabalho: “e se propuséssemos uma nova área de conhecimento?”. Essa etapa ficou para o final sob duas condições: se tivéssemos tempo e se estivéssemos confiantes com o trabalho. As condições foram satisfeitas, era hora de pensar no MoCEC v.2 em si (como fomos ingênuos...).

Acredito que a primeira etapa cumprimos bem: definição do que é Comunicação da Ciência, Percepção Pública da Ciência, Divulgação da Ciência e Comunicação Pública da Ciência<sup>55</sup>. Na segunda etapa, caberia pensarmos nos aspectos. A meu ver, esta é a etapa trick do trabalho. Após a apresentação e discussão do trabalho, eu percebi e compreendi uma característica do MoCEC v.2: todos os aspectos propostos refletem sobre Natureza da Ciência (pasmem, ao reler percebi que isso estava escrito explicitamente no artigo... acho que não tinha entendido essa ideia de forma clara). Não estou dizendo que a Comunicação da Ciência não faça parte da Natureza da Ciência, mas temos que considerar a extrapolação da Ciência por meio dos públicos. Hoje, ao escrever esse relato, eu percebo que isso muda tudo. Vou listar alguns motivos/questionamentos que afloraram nos últimos dias (esse tal do ócio criativo viu...):

- i. Como identificar o que são aspectos da Ciência e o que são aspectos da comunicação?
- ii. Como se dá essa relação da sociedade com a Ciência? Falamos muito disso, mas e na hora de explicitar essas interações?
- iii. O MoCEC v.2 se propõe a identificar e explicitar aspectos da Ciência de algumas situações. Então, penso que de alguma forma ele possa validar um discurso científico. Nesse sentido, uma definição inadequada dos aspectos da Comunicação da Ciência pode resultar na validação de um discurso pseudocientífico como científico?
- iv. Reforço a pontuação da PQ: os aspectos que propusemos são de caráter específico, enquanto o esperado para o MoCEC v.2 é a presença de aspectos mais amplos.

Acredito de uma forma geral que estes aspectos devem ser reelaborados para que de fato possam ser adequados ao modelo [E3-A8 – Portfólio 3].

Para finalizar a aula, os integrantes do G2 expressaram seus sentimentos:

**Gael:** Eu achei muito chique. Acho que, com certeza a maior contribuição inteira dessa disciplina pra mim, agora, nesse momento, é olhar com olhos completamente diferentes do que olharia no início. Então, valeu demais pela experiência, por deixarem a gente fazer essas loucuras pra aprender um pouco. Muito bom mesmo, de verdade. Fico felizão!

**Rose:** Aproveitando o gancho do Gael, eu queria agradecer. Porque eu não sabia nem o que era um referencial teórico. E aí, cada um pegou o que se identificava mais, sobrando o referencial teórico para mim. Mas foi legal! Eu aprendi muito quando tava fazendo. Direto eu mandava pergunta pra PQ. E, é isso, queria agradecer.

**Lara:** Eu também queria agradecer, porque acho que, se tudo der certo, essa é a minha última disciplina na Química, porque eu estou saindo do curso, né gente?! E assim, eu saio com o coração quentinho, sabe?! Porque por mais que eu já tinha decidido que eu ia sair do curso, eu me esforcei pra fazer as coisas e tudo mais. E foi muito bom, sabe?! E eu vou sair da

---

<sup>55</sup> Todas essas definições foram feitas na apresentação, pois na proposta foi apresentada apenas a definição de DC.

Química, mas a Educação e o ensino de Química ainda vão estar no meu coração, principalmente por causa dessa disciplina. Eu fico feliz e agradecida.

**P1:** E talvez o jeito que você vê a Ciência também vai ser diferente agora...

**Lara:** Com certeza!!!

**P1:** Que bom! E essa história da gente fazer umas coisas assim, a gente sempre faz isso nas disciplinas nossas... Porque se o futuro professor não tiver espaço pra criar, pra testar, pra tentar fazer alguma coisa e a gente poder discutir, vai aprender como? Eu sempre digo que ninguém aprende a ser professor só lendo texto. Não dá, é impossível isso! A gente precisa ter vivências de coisas diferentes. Por isso temos uma lista de optativas gigantesca, porque sempre vamos propondo coisas diferentes. Vão aparecendo novas discussões e a gente propõe fazer outra optativa. Se a gente tem uma matriz engessada no curso, a optativa é o espaço que a gente tem pra poder fazer isso e abordar coisas diferentes. É o que a gente tem tentado fazer e vamos continuar fazendo...

A partir da fala de Gael, podemos inferir que sua visão *sobre* Ciências parece ter se ampliado, uma vez que ele (assim como todos os outros FP) teve espaço ao longo da disciplina, mais especificamente nesta atividade, para criar. Destacamos também que a fala de P1 sobre a importância das vivências vai ao encontro da hipótese apresentada nesta Tese, de que é essencial que FP de Ciências tenham oportunidades de vivenciar situações de ensino que sejam mais próximas da Ciência para que possam desenvolver conhecimentos necessários para ensinar a partir de tal perspectiva de educação.

#### 6.9.4 Reformulação do planejamento

Antes de enviar sua proposta reformulada, os integrantes do G2 se reuniram mais duas vezes para fazer as alterações no arquivo do planejamento e gerar a versão final. A oitava reunião foi nomeada como “Mas já não tinha acabado?” e a última como “O último a sair, apaga a luz!”. A nosso ver, a continuação da prática de atribuir títulos às reuniões indica que os integrantes do G2 continuavam motivados não só a entregar uma versão final do planejamento melhor do que a inicial, mas também a continuar discutindo e aprendendo ao longo daquele processo de planejamento do ensino.

#### 6.9.5 Apresentação do último grupo

Na aula seguinte, G1 apresentou sua proposta, que visava introduzir o conteúdo de Funções Orgânicas a partir do estudo das plantas juá, janaguba (também

conhecida como janaúna e janaúba) e das sementes de urucum, abordando alguns saberes tradicionais indígenas.

Assim que o grupo finalizou a apresentação, PQ perguntou se Gael não iria comentar porque, ao propor a inclusão da CC como uma nova área no MoCEC v.2, seu grupo havia identificado saberes populares como um aspecto associado à tal área. O chamado foi prontamente atendido:

Oie, fui chamado! Sim, de fato tem o aspecto dos saberes populares na Comunicação da Ciência, que a gente tinha proposto na semana passada. A gente conversou um pouquinho que ele é bem interessante. Inclusive, eu não sei se vocês chegaram a usar esse termo. É um termo que a gente usou muito durante as aulas de Divulgação da Ciência: a questão da descolonização dos conhecimentos. Então, você acaba trazendo um pouco dessa temática pra aula. Eu achei muito legal!

Tal fala explicita seus conhecimentos prévios sobre o campo de DC que atuaram como amplificadores na proposta de seu grupo.

Ainda comentando o trabalho do G1, Gael afirmou:

Esse trabalho me lembrou uma disciplina que o Romeu deu alguns semestres pra trás, em que ele falava sobre projeto social, a Química trabalhando no projeto social. E, teve um grupo que desenvolveu o empoderamento da população negra a partir da Química do tratamento dos cabelos. Então, eu acho muito legal esse tipo de coisa, porque traz o contexto também pro estudante, né?! É uma coisa que a gente discutiu muito na nossa apresentação de semana passada: o contexto do estudante. Então, eu acho que um estudante indígena que assiste isso, e até os estudantes que não são, eles vão aprender um pouco a quebrar esse estereótipo. Cada vez que eu penso, eu vejo uma coisa diferente, eu acho muito legal, de verdade!

Assim, mais uma vez, ele destacou a importância de considerar o contexto de aprendizagem ao planejar uma atividade de ensino.

Visando encerrar aquela aula, P1 perguntou se mais alguém queria falar algo. Gael afirmou que queria fazer um apontamento sob a ótica da DC. Ele pediu que o grupo compartilhasse as moléculas novamente e questionou se elas não eram muito complexas e se seria necessário algum cuidado para trabalhar esse tipo de moléculas (orgânicas) com os estudantes. Ao analisar a viabilidade de condução da proposta do G1, seus conhecimentos prévios sobre o campo de DC, atuaram como filtros.

Em seu último portfólio, Gael destacou as implicações da disciplina para ele:

Costumo concluir meus portfólios com alguns questionamentos que foram levantados durante as vivências propostas. Neste último portfólio não poderia ser diferente. Porém, provavelmente não teremos a oportunidade de construir essas respostas com os nossos encontros e atividades propostas. Assim sendo, meu questionamento é também um objetivo para o Gael do futuro (um potencial divulgador científico, rs...). Gostaria de pensar no MoCEC v.2. como uma estratégia para pensar a divulgação científica. Em linhas gerais, o que subsidia esse objetivo (audacioso) é a pesquisa de Percepção Pública da Ciência de 2019, que nos mostra que, contrariamente ao que se diz, o brasileiro médio tem interesse em Ciências e se sente capaz de entendê-la, quando bem explicada. Desta forma, por que não basear a divulgação científica nesses aspectos? Como podemos adaptar? Quais as medidas necessárias? (acredito que será necessário mais ócio criativo para encontrar algumas respostas...) [E3-A8 – Portfólio 3].

Em relação a tais ideias, a PQ fez o seguinte comentário:

Como este é o último portfólio, eu posso dar algumas respostas, rs..., ou melhor, mostrar alguns caminhos. Antes eu não fazia isto para tentar evitar algum tipo de influência da minha parte. Então, falando com base no meu achismo (ou seja, não estou ancorada a nenhum referencial/estudo), acredito que a Divulgação Científica falha quando é voltada apenas para a “recreação”, isto é, foca no visual, principalmente, e nos produtos (esta última também é uma falha da Ciência e da Educação). Nesse sentido, eu acredito que o MoCEC v.2 pode ser utilizado como uma estratégia para pensar e elaborar (pensando, por exemplo, na redação de um texto) a divulgação científica, pois assim ela não estará voltada apenas para “recreação”, mas para a compreensão do processo de construção de conhecimentos científicos, no qual o produto é um dos resultados. Diante disso, eu acredito que Natureza da Ciência, História, Filosofia e Sociologia da Ciência e Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente podem contribuir muito com e para a Divulgação Científica – e o inverso também!

Tal comentário teve como objetivo mostrar a Gael que o MoCEC v.2 poderia sim ser utilizado na divulgação científica. Na proposição de tal modelo, o agente educativo mencionado é o professor, uma vez que ele é o que atua em contextos regulares de ensino. Todavia, pensando em educação em Ciências de uma forma mais ampla, outros agentes educativos (por exemplo, os que atuam em contextos não formais, como divulgadores científicos) podem se basear nele para planejar e conduzir ações educativas.

## 6.10 Atividade 9: Análise Crítica da Atividade 8 e Avaliação da Disciplina

A última aula síncrona foi mais curta, pois nela P1, P2 e PQ explicaram a última atividade que consistia na análise da viabilidade de conduzir as três propostas apresentadas no tópico anterior e na avaliação da disciplina como um todo. Imediatamente após o encerramento da aula, PQ enviou o link que dava acesso a tal atividade para que eles pudessem respondê-la no restante do horário da disciplina.

Antes que a aula síncrona se encerrasse, Gael deu o seguinte depoimento:

Este foi um semestre bem diferente pra mim. Eu fiz nove disciplinas, sendo seis optativas. Então, tenho muito pra comparar. Foi a primeira vez que eu fiz uma disciplina fora da área... eu não gosto do termo duro. Eu acho que não reflete, não significa que a parte da Educação seja mais fácil, mais mole, mais tranquila, né?! Não acho que seja isso.

O que eu gostaria de falar é agradecer. Por que, teve muito trabalho? Teve! Isso aí a gente sabe, o pessoal do grupo... acho que todos os grupos passaram por isso. A gente quebrou muito a cabeça, correu muito atrás. Mas eu acho que isso tudo é um retorno de vocês. E eu acho que isso é fundamental! A P2 falou que vocês pegaram muito no nosso pé na hora da correção. Mas é muito bom a gente saber que a gente tá fazendo um material e que esse material vai ser corrigido, que vai ser levado a sério e que tem gente que tá ali do outro lado se importando. Então, por todos os momentos que a gente pensou: “nó, não vamos fazer tão certinho não. Vamos achar um subterfúgio pra gente não fazer aquele caminho correto”. Aí a gente falou: “não velho! Tem alguém corrigindo isso direito, vamos levar isso pra frente”. E eu acho que mais do que a gente pôde aprender, eu sempre tenho na cabeça que por mais que o professor seja ruim, a gente pode aprender alguma coisa com ele. E eu acho que vocês deram uma aula tremenda de como ser humanos, ser empáticos, e ser professor no meio disso tudo. Então, a PQ falou e não tem como dissociar ser pessoa, professora e pesquisadora mesmo. E isso foi muito reconfortante ao longo da disciplina.

Sem sombra de dúvidas, essa foi uma das melhores disciplinas que eu fiz na minha Graduação inteira. Me fez refletir sobre o meu percurso, o que eu vou fazer e como as coisas vão vir por aí. Então, queria agradecer muito pra vocês. Espero ter a oportunidade de fazer mais disciplinas com todas vocês, com as meninas também, que sempre me ajudaram e me aguentaram. Aproveito para pedir desculpa por qualquer coisa, mas eu sou assim gente: eu gosto de falar, gosto de participar, porque também é um feedback legal pra vocês. E é isso gente!

Julgamos importante inserir tal depoimento final porque nele, além de agradecer a todos, Gael não apenas reconheceu a contribuição das colegas de grupo e da disciplina para sua formação, mas também explicitou sua visão geral sobre os processos de ensino e de aprendizagem, evidenciando CPed gerais.

Em suas respostas, ao ser questionado se conhecer o MoCEC v.2 e vivenciar atividades baseadas nele contribuiriam para a proposição, apresentação e análise da atividade por eles elaborada, Gael respondeu que sim. Em seguida, quando indagado sobre como tais vivências e/ou conhecimentos contribuiriam para isso, ele respondeu:

Eu tenho um pouco de dificuldade de precisar a contribuição de tais vivências e/ou conhecimentos para esta atividade. Explico: a meu ver a tarefa tinha como objetivo o emprego do MoCEC v.2. Portanto, ele tornou-se a ferramenta principal para a elaboração da atividade. No entanto, acredito que o MoCEC v.2 é bastante eficiente para a elaboração de propostas didáticas diferentes, uma vez que identifiquei nele elementos que nos permitem criar um planejamento de aulas que contém elementos de conteúdo (como eu gosto de falar: de forma responsável).

Isto parece indicar que, para ele, o MoCEC v.2 poderia ajudar não só no planejamento de uma atividade como a solicitada, mas de outras diferentes. Talvez ele estivesse pensando nas de divulgação científica, como havia explicitado em outros momentos. Logo, caracterizamos essas ideias como CPed, uma vez que elas explicitam possíveis contribuições do MoCEC v.2 para um FP.

Quando perguntamos quais resultados ele esperaria obter ao conduzir a atividade proposta. Gael respondeu e justificou:

Eu acredito que é uma atividade complexa, por isso eu tenho as minhas dúvidas se alcançaríamos os objetivos de ensinar aos estudantes o conteúdo programático por trás da atividade. Porém, o que me fez seguir adiante com a ideia foi a possibilidade de mostrar para os estudantes que eles são capazes de vivenciar a Ciência produzindo e entendendo discursos científicos. Desta forma, o impacto principal não seria medido de imediato, mas sim no futuro, quando um estudante se deparasse com uma situação que envolvesse Ciência e Tecnologia e se visse capaz de ter pensamentos críticos sobre aquele tema. Por exemplo, nesse momento particular que vivemos, acredito que algumas pessoas que vivenciaram a Ciência de forma responsável sabem que a cloroquina e a hidroxicloroquina não funcionam no combate à COVID-19. Dentre essas pessoas, acredito que uma parte possa ter aprendido com um bom professor de Ciências e com alguma vivência científica que questões complexas normalmente não tem soluções simples na Ciência...

Nesta resposta, identificamos CCur, visto que ela evidencia objetivos de ensinar aspectos de NdC.

No que se refere às possíveis dificuldades que ele teria em conduzir tais atividades, Gael afirmou:

Acredito que por ser uma atividade muito complexa, os estudantes poderiam não compreender e assimilar a proposta, sendo necessária uma aula expositiva sobre o tema em seguida à condução da atividade. Além disso, por ser 1º ano do Ensino Médio, acredito que os estudantes possam ter uma certa resistência com a ideia central do trabalho: vivenciar uma realidade científica propondo modelos e participando de um congresso simulado.

Tal resposta mostra sua preocupação com o conteúdo químico (Geometria Molecular), indicando sua característica conteudista (o que pode ser reflexo de sua formação). Isto porque sua resposta parece indicar que, se não for por meio de uma aula tradicional, o estudante não vai conseguir aprender conteúdo científico. Além disso, com base em suas vivências como estudante da Educação Básica, ele demonstrou ter conhecimentos sobre aquele contexto. Isto nos possibilitou categorizar CEst, pela primeira e única vez, pois ele mencionou como os estudantes poderiam se comportar frente à proposta de atividade elaborada por seu grupo, que visava uma vivência científica por parte deles.

As mesmas perguntas foram feitas com relação às propostas dos outros dois grupos e Gael apresentou respostas semelhantes: “Sim. Acredito que esta resposta seja semelhante à dada para a proposta de meu grupo. Retenho que o MoCEC v.2 seja a ferramenta basilar na elaboração, sendo necessário ao longo de todo o processo de análise.”. Logo, novamente, identificamos CPed, visto que ele destacou uma possível contribuição do MoCEC v.2 no ensino.

Quando questionado sobre as semelhanças e diferenças entre as atividades propostas pelos três grupos, Gael escreveu:

Acredito que a principal diferença seja a escolha do tema e o “público-alvo”. Ao passo que o G1 escolheu trabalhar com uma turma já no final do Ensino Médio, a proposta dele espera uma maior “maturidade” do estudante. O G2, meu grupo, preferiu trabalhar com estudantes no início do Ensino Médio, esperando que eles tivessem menos vícios e tendo como desafio a menor vivência dentro da própria Química. Por sua vez, o G3 tem uma proposta sem um momento específico para sua condução e, diferente dos outros grupos, traz uma perspectiva mais transdisciplinar da Ciência. Quanto à semelhança, para além da óbvia utilização do MoCEC v.2, percebo que todos se empenharam na elaboração de uma atividade que de fato ensinasse algo para o estudante com propostas diferentes das convencionais. Mais importante que esse aspecto de ensinar Química, devemos pontuar o ensino autêntico de Ciências que colabora para a formação cidadã do estudante.

CCur foram novamente identificados nesta resposta, visto que ela evidencia objetivos de ensinar aspectos de NdC ao mencionar a importância do ensino autêntico e de ele poder contribuir para uma formação cidadã.

A respeito das vantagens e desvantagens que as outras duas propostas apresentavam, ele elencou:

Como desvantagem: em ambos os grupos eu senti falta de um amparo ao professor, no sentido de que o planejamento estava meio solto e com informações faltantes. Além disso, acredito que funcionaria em contextos mais restritos. Como vantagem: G1 e G3 apresentaram uma abordagem contextualizada e atual, de forma que seria bem útil para fazer com que minorias como indígenas e mulheres fossem protagonistas na tarefa. Por outro lado, o G3 foi mais longe e realizou um sonho meu: ensino transdisciplinar.

Tal resposta nos traz informações da visão geral de Gael sobre o processo de ensino ao explicitar que planejamentos devem ser bem estruturados e completos, que as atividades devem ser contextualizadas e, quando possível, transdisciplinares.

No que diz respeito à avaliação da disciplina como um todo, apesar de Gael e outros FP terem explicitado suas ideias de alguma maneira ao fazerem seus agradecimentos durante a última aula síncrona e em seu último portfólio, ele apresentou mais algumas informações em suas respostas. Ao ser questionado: “Em que e como você acha que esta disciplina contribuiu, ou pode contribuir no futuro, para sua formação enquanto pessoa e professor?”, ele respondeu:

Entrar em contato com conhecimentos novos é fundamental para que nós possamos “ventilar” as ideias. Acredito que se escolher trilhar o caminho da divulgação científica, o MoCEC v.2 será um potencial ponto de partida para garantir a existência de conteúdo: “mais do que um mero espetáculo”. Por outro lado, eu me vi pensando em vários aspectos de Ciências que constantemente produzimos no laboratório e acredito que um pensamento ativo e crítico sobre eles possa ser bastante útil para o “fazer Ciência”. Pensando nisso, acho que os aspectos da Psicologia da Ciência são um convite pessoal pra mim: às vezes temos que ter paciência, calma e saber lidar com os desafios... E saber que isso existe é algo bem positivo.

O início de sua resposta vai ao encontro do que ele já havia registrado no Portfólio 3, bem como do retorno que havia recebido de PQ. Sua menção aos objetivos de ensinar NdC ou de uma pessoa aprender NdC foi novamente categorizada como CCur. Com

relação à área de conhecimento destacada em sua resposta (PC), constatamos que tal destaque vai ao encontro da proposta de seu grupo porque eles propuseram atividades que visavam uma vivência científica e que contemplavam mais aspectos da referida área (10 dos 13 aspectos a ela associados). Além disso, identificamos o aspecto limitação (PC) quando ele se referiu às dificuldades com as quais um cientista precisa lidar.

Na sequência, perguntamos sobre possíveis diferenças entre aquela disciplina e outras cursadas na universidade, ele respondeu:

No nível pessoal: foi uma das disciplinas que tirou o melhor de mim. Eu constantemente queria trabalhar e apresentar um trabalho bem-feito. Se tivesse esse estímulo ao longo de 50% das disciplinas que cursei ao longo do curso, acredito que seria um químico bem melhor do que serei quando formar (e provavelmente saberia Orgânica). No nível acadêmico: foi uma disciplina em que pude protagonizar meu processo de aprendizagem do início ao fim. Fiz inúmeras escolhas únicas e que possivelmente nem as meninas do meu grupo fizeram igual. Isso é algo único... Sei lá, não é possível você assistir aula de Cálculo e escolher que quer dar um foco maior em métodos de otimização em detrimento de técnicas de integração...

Assim, Gael reafirmou sua crença de o quanto o estudante ser protagonista de seu aprendizado é algo importante para sua formação acadêmica, profissional e pessoal.

Salientamos que apesar de termos adotado o MCR como um aporte teórico e metodológico em nossa pesquisa, a reflexão, segundo Carlson e Daehler (2019), é sobre o ato de ensinar. Nesse sentido, nossa investigação (especificamente envolvendo os dados oriundos desta atividade) avança ao ter proposto que FP refletissem sobre o ato de planejar. Ademais, como demonstrado no tópico anterior, não ocorreram aulas simuladas e sim apresentações seguidas de discussões e posterior reformulação dos planejamentos. Assim, propiciamos um primeiro momento de reflexão, quando a turma pôde avaliar a abrangência e as limitações dos planejamentos; e um segundo momento (nesta atividade), quando cada FP pôde fazer isto tanto com relação aos planejamentos elaborados por ele participando de seu grupo quanto pelos outros dois grupos. Outra ressalva importante a se fazer é que, para além da limitação imposta pela pandemia, independentemente dela, o próprio contexto de formação de professores em nosso país apresenta limitações no que se refere ao acesso de FP aos contextos regulares de ensino, se pensarmos em disciplinas que não sejam os Estágios de Docência. Logo, a princípio, de qualquer maneira (com ou sem pandemia) esta seria uma limitação desta disciplina. Contudo, como esta pesquisa estava sendo desenvolvida no

contexto da referida disciplina, havíamos estabelecido previamente parcerias com professores e escolas para que os FP tivessem acesso a contextos regulares de ensino e aplicassem suas propostas.

Para finalizar, como observado ao longo deste estudo de caso, nosso foco não foi apresentar os sujeitos que contribuíram para o desenvolvimento dos conhecimentos de NdC de Gael (representados pelos ícones na Figura 2.2). Não temos dados para isto, uma vez que a coleta e análise deles não foram planejadas para tal. Além disso, a nosso ver, esse tipo de investigação seria mais coerente se o sujeito de pesquisa fosse um professor experiente, situação na qual o foco seria, por exemplo, a caracterização do PCK para NdC (como no caso da investigação conduzida por Leandro Oliveira (2022)). Nosso foco foi analisar as experiências que contribuíram tanto para a mobilização quanto para o possível desenvolvimento de conhecimentos de NdC de Gael, assim como as evidências de como tais contribuições se efetivaram. Isto é coerente com nossa hipótese relacionada à importância de FP de Ciências vivenciarem situações de ensino que sejam mais próximas da Ciência, que também é sustentada por autores como Valarie Akerson, Fouad Abd-El-Khalick e Norman Lederman (2000). Isto se justifica porque experimentar a aprendizagem de NdC a partir de uma abordagem explícita e reflexiva pode ser fundamental para ajudar os professores a traduzir seus conhecimentos de NdC em contextos regulares de ensino.

## 7 CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

### 7.1 Conclusões Referentes aos Conhecimentos de Natureza da Ciência Mobilizados por Gael

Nesta parte do capítulo, apresentamos as conclusões retomando cada uma de nossas questões de pesquisa.

#### 7.1.1 Conhecimentos de conteúdo relacionados à natureza da ciência

Para subsidiar a discussão de nossa primeira questão de pesquisa (Como futuros professores de Química expressam conhecimentos de conteúdo relacionados à Natureza da Ciência ao vivenciar, planejar e analisar situações de ensino autênticas?), elaboramos e apresentamos o Quadro 7.1 representando os aspectos associados às suas respectivas áreas que foram expressos por Gael em todas as atividades em que isto ocorreu.

**Quadro 7.1** – Síntese dos aspectos associados às suas respectivas áreas que foram expressos por Gael ao longo de toda a disciplina (continua)

Áreas	Aspectos	QI	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A8	A9
FC	Epistemologia		✓	✓	✓	✓		✓	✓	
	Ética						✓		✓	
	Lógica		✓		✓				✓	
PC	Complexidade								✓	
	Criatividade		✓						✓	
	Falibilidade			✓		✓			✓	
	Incerteza					✓		✓		
	Influência motivacional	✓					✓		✓	
	Inteligência		✓			✓			✓	
	Limitação					✓			✓	✓
	Não linearidade do pensamento								✓	

Fonte: Autora, 2023.

**Quadro 7.1** – Síntese dos aspectos associados às suas respectivas áreas que foram expressos por Gael ao longo de toda a disciplina (continua)

Áreas	Aspectos	QI	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A8	A9
PC	Personalidade					✓				
	Racionalidade								✓	
	Representação								✓	
	Subjetividade			✓	✓	✓		✓	✓	
AC	Incomensurabilidade			✓						
	Influência cultural					✓	✓	✓	✓	
SC	Aceitabilidade								✓	
	Falibilidade					✓		✓	✓	
	Influência sociopolítica					✓	✓	✓	✓	
	Interação entre cientistas	✓	✓		✓			✓	✓	
EC	Aplicabilidade						✓			
	Fonte de financiamento					✓	✓			
	Investimento econômico					✓	✓	✓		
	Viabilidade					✓		✓		
HC	Influência histórica								✓	
	Multiplicidade								✓	
	Não linearidade					✓			✓	
	Progressividade		✓	✓		✓		✓		
	Provisoriedade					✓		✓	✓	
CC	Objetivos de especialistas					✓	✓		✓	
	Objetivos de não especialistas		✓				✓		✓	
	Objetivos do público em geral		✓	✓						

Fonte: Autora, 2023.

**Quadro 7.1** – Síntese dos aspectos associados às suas respectivas áreas que foram expressos por Gael ao longo de toda a disciplina (continuação)

Áreas	Aspectos	QI	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A8	A9
CC	Papéis de especialistas						✓		✓	
	Papéis de não especialistas		✓				✓			
	Papéis do público em geral		✓	✓					✓	
	Modos de comunicação de especialistas					✓				
	Modos de comunicação de não especialistas				✓		✓			
	Modos de comunicação do público em geral			✓						
	Tipos de fontes de especialistas						✓			
	Tipos de fontes de não especialistas					✓	✓		✓	
	Tipos de fontes do público em geral								✓	

Fonte: Autora, 2023.

Ao analisarmos o Quadro 7.1, constatamos que, ao vivenciar, planejar e analisar situações de ensino autênticas, Gael expressou:

- todos os aspectos associados à área FC, sendo epistemologia o mais frequente (expresso em seis atividades); seguido de lógica (em três atividades); e ética (em duas atividades);
- quase todos os aspectos associados à área PC, com exceção de objetividade. Os demais aspectos foram expressos na seguinte ordem decrescente de frequência: subjetividade (em cinco atividades); falibilidade, influência motivacional, inteligência e limitação (cada um em três atividades); criatividade e incerteza (ambos em duas atividades); complexidade, não linearidade do pensamento, personalidade, racionalidade e representação (cada um em uma atividade);

- os dois aspectos associados à área AC, sendo influência cultural expresso em quatro atividades e incomensurabilidade em uma;
- quatro dos seis aspectos associados à área SC, com a seguinte frequência: interação entre cientistas (em cinco atividades); influência sociopolítica (em quatro atividades); falibilidade (em três atividades); e aceitabilidade (em uma atividade);
- metade dos aspectos associados à área EC, sendo investimento econômico o expresso com maior frequência (em três atividades); seguido de fonte de financiamento e viabilidade (ambos em duas atividades); e aplicabilidade (em uma atividade);
- todos os aspectos associados à área HC, sendo progressividade o de maior frequência (em quatro atividades); seguido de provisoriedade (em três atividades); não linearidade (em duas atividades); e influência histórica e multiplicidade (cada um em uma atividade); e
- todos os doze aspectos associados à área CC, visto que ele e suas colegas de grupo os propuseram. Dos aspectos voltados ao grupo de especialistas (cientistas) identificamos menção a: objetivos (em três atividades); papéis (em duas atividades); modos de comunicação e tipos de fontes (cada um em uma atividade). Focando no grupo de não especialistas (jornalistas e divulgadores científicos), a frequência observada foi: objetivos e tipos de fontes (cada um em três atividades); papéis e modos de comunicação (cada um em duas atividades). Considerando os aspectos voltados ao grupo do público em geral, o referido quadro mostra a seguinte frequência: papéis (em três atividades); objetivos (em duas atividades); modos de comunicação e tipos de fontes (cada um em uma atividade).

Em síntese, todas as sete áreas de conhecimentos (seis representadas no MoCEC v.2 e uma proposta pelo grupo de Gael), foram contempladas em manifestações que envolveram 42 dos 49 aspectos associados a elas (86%). Na literatura, encontramos outro estudo que utilizou o MoCEC v.2 como aporte teórico e metodológico para analisar aspectos de NdC expressos por uma FP no contexto de uma disciplina de História da Química na qual foram analisados diferentes estudos de casos

históricos (por exemplo, sobre Alquimia; controvérsia envolvendo a autoria da “descoberta” do oxigênio, abordando as contribuições de Carl Scheele, Joseph Priestley e Antoine Lavoisier; estudos sobre radioatividade e a “descoberta” de elementos químicos e a vida de Marie Curie). Nele, Marcondes Lima, Stefannie Ibraim e Monique Santos (2021) identificaram 23 dos 37 aspectos associados às seis áreas representadas no MoCEC v.2 (62%).

Ao compararmos os resultados, e considerando que o número de atividades vivenciadas por ambos FP ao longo das duas disciplinas era similar, constatamos que, em nosso estudo, a diversidade de aspectos expressos foi quase um quarto a mais (24%) da relatada no referido estudo. Como nele os aspectos de NdC foram introduzidos e discutidos a partir apenas de casos históricos, isto vai ao encontro das limitações e potencialidades apresentadas por diferentes abordagens de ensino (como discutido em ALLCHIN; ANDERSEN; NIELSEN, 2014; KHISHFE, 2022). Considerando tais limitações e a complementaridade de diferentes abordagens de ensino (como proposto por tais autores), optamos por conduzir nossa investigação nos pautando em atividades baseadas em modelagem (GILBERT; JUSTI, 2016), caso histórico e caso contemporâneo (ALLCHIN, 2013).

No estudo de Lima, Ibraim e Santos (2021), um dos casos históricos teve Marie Curie como protagonista. Apesar de os casos serem diferentes, como a protagonista era a mesma, decidimos comparar os aspectos que cada um dos sujeitos de pesquisa expressou ao longo da vivência de cada um deles. Em tal estudo, a FP expressou 10 aspectos: epistemologia (FC); influência motivacional, limitação, objetividade e personalidade (PC); credibilidade e influência sociopolítica (SC); acesso ao conhecimento (EC); e influência histórica e progressividade (HC). No presente estudo, foi exatamente ao analisar o caso histórico que Gael expressou, pela primeira vez, todas as seis áreas contidas no MoCEC v.2, bem como a área de CC, cuja proposta foi sistematizada por seu grupo no desenvolvimento da A8. Logo, a partir da vivência dele em tal atividade, foi possível identificar uma diversidade de áreas e aspectos (19) associados a elas: epistemologia (FC); falibilidade, incerteza, inteligência, limitação, personalidade e subjetividade (PC); influência cultural (AC); falibilidade e influência sociopolítica (SC); fonte de financiamento, investimento econômico e viabilidade (EC); não linearidade, progressividade e provisoriedade (HC); objetivos e modos de

comunicação de especialistas (cientistas) e tipos de fontes de não especialistas (sem especificar o sujeito) (CC).

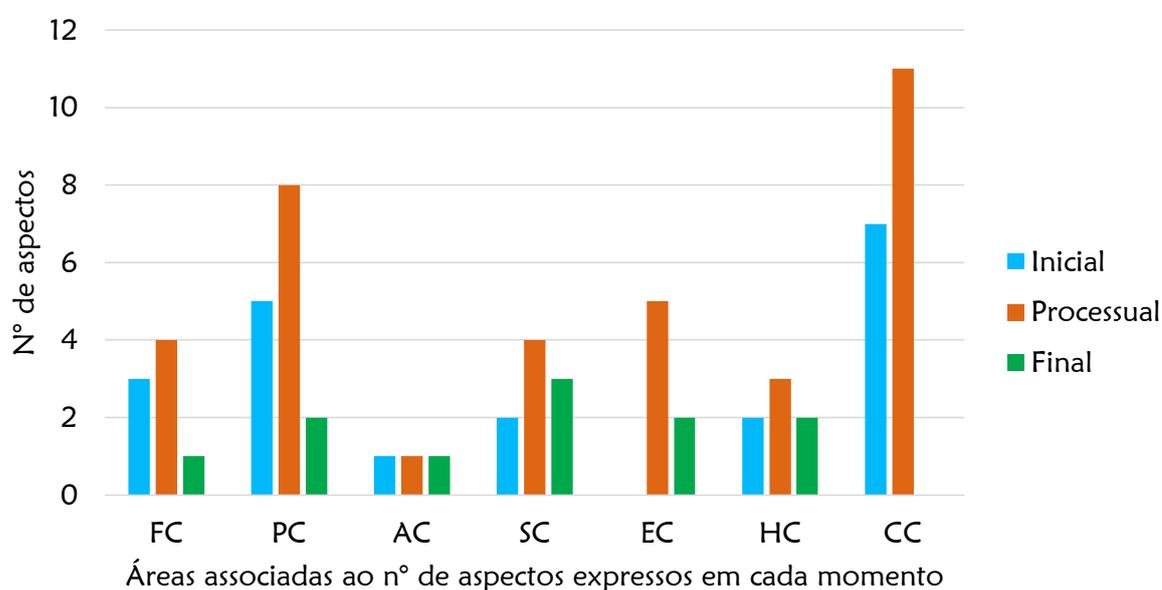
Assim, a diversidade de aspectos expressos foi maior tanto de maneira geral (ao longo de toda a disciplina: 42 de 49 possíveis no caso de Gael e 23 de 37 possíveis no caso da FP do outro estudo) quanto de maneira específica, no caso histórico sobre a vida pessoal e profissional de Marie Curie (19 de 49 e 10 de 37, respectivamente). Considerando tal diversidade de aspectos expressos por Gael, podemos caracterizar sua visão *sobre* Ciências como informada (conforme nomenclatura utilizada por muitos dos estudos que apresentamos e discutimos em nossa revisão de literatura como BEKTAS; EKIZ; TUYSUZ; KUTUCU *et al.*, 2013; DEMIRDÖĞEN; HANUSCIN; UZUNTIRYAKI-KONDAKÇI; KÖSEOĞLU, 2016; DEMIRDÖĞEN; UZUNTIRYAKI-KONDAKÇI, 2016; DURUK, 2020; MASEKO; KHOZA, 2021).

Conforme salientado no subtópico 5.3.2, estamos entendendo “expressos” como sinônimo de “mobilizados”, que podem ter sido desenvolvidos antes e/ou durante a formação de Gael na disciplina optativa, pois não nos parece possível desenvolver algo que não tenha sido mobilizado. Todavia, as duas ações não acontecem sempre juntas. Logo, a mobilização pode ter resultado ou não no desenvolvimento. Assim sendo, em relação ao apontamento de desenvolvimento dos aspectos elencados no Quadro 7.1, além dos critérios diversidade de aspectos e de áreas expressos em atividades diferentes, também consideramos outros dois critérios: aumento do número de aspectos expressos em cada área e complexidade (detalhamento das ideias) com que um determinado aspecto foi expresso nos três momentos do processo formativo.

Para tanto, elaboramos e discutimos o Gráfico 7.1 relacionando o número de aspectos associados às suas respectivas áreas que foram expressos por Gael em momentos específicos da disciplina voltados para a vivência em atividades de diferentes naturezas e que envolviam diferentes contextos. Conforme explicado no tópico supracitado, considerando os objetivos de cada atividade da disciplina, utilizamos os dados oriundos do QI e das A1 e A2 como momento inicial (representado pela cor azul); dados advindos das A3 a A5 como momento processual (representado pela cor laranja); e dados provenientes da A6 como momento final (representado pela cor verde). Ademais, nos três momentos, dados oriundos dos respectivos portfólios também foram utilizados. Tal gráfico foi elaborado

tomando como referência as áreas (7), visto que os aspectos (49) estão associados a elas e, caso o gráfico os representasse, ele não atenderia ao seu objetivo: facilitar a visualização do todo.

**Gráfico 7.1** – Síntese do número de aspectos associados às suas respectivas áreas que foram expressos por Gael em momentos específicos do processo formativo



Fonte: Autora, 2023.

Ao compararmos os três momentos (inicial, processual e final) é notório que o processo formativo favoreceu a expressão de um número maior de aspectos e da maioria das áreas, com exceção da AC na qual o número de aspectos expressos por Gael se manteve constante. Comparando os momentos inicial e processual, observamos um leve aumento no número de aspectos expressos associados às áreas FC (de 3 para 4) e HC (de 2 para 3); uma duplicação em tal número na área SC (de 2 para 4); e um aumento expressivo nas áreas PC (de 5 para 8), CC (de 7 para 11) e EC (0 para 5). Assim sendo, a análise feita a partir deste critério evidencia mais uma vez a caracterização da visão *sobre* Ciências de Gael com base no critério diversidade de aspectos expressos como informada.

A título de exemplificação, destacamos apenas áreas que foram mencionadas nos três momentos do processo formativo e em que a mudança no número de aspectos expressos foi mais significativa. Na PC, notamos que, no momento inicial, Gael expressou os aspectos influência motivacional (QI), criatividade e inteligência (na A1),

falibilidade e subjetividade (na A2). No momento processual, ele expressou: subjetividade (na A3); falibilidade, incerteza, inteligência, limitação, personalidade e subjetividade (na A4); e influência motivacional (na A5). Além disso, ele expressou também os aspectos: incerteza e subjetividade (na A6), ambos no momento final.

Na área SC, Gael expressou no momento inicial apenas o aspecto interação entre cientistas (no QI e na A1). Este mesmo aspecto também foi expresso no momento processual (na A3), bem como os aspectos falibilidade (na A4) e influência sociopolítica (nas A4 e A5). Por fim, Gael também expressou no momento final esses mesmos três aspectos (cada um na A6).

Todavia, se seguirmos o mesmo raciocínio, porém levando em consideração os momentos processual e final, observamos que o número de aspectos expressos por Gael associados à área AC também se manteve constante e que ele não expressou nenhum aspecto associado à área CC no momento final. Nas demais áreas (FC, PC, SC, EC e HC) verificamos uma diminuição no número de aspectos expressos. Tais dados poderiam nos fazer questionar se, de fato, ao participar do processo formativo, Gael desenvolveu conhecimentos relacionados aos aspectos e uma visão mais ampla *sobre* Ciências. Nestes casos não nos pautamos apenas nos dois critérios apresentados e discutidos anteriormente, mas consideramos também o critério complexidade (detalhamento de tais ideias) com que determinados aspectos associados às referidas áreas foram expressos principalmente neste último momento.

Nesse sentido, considerando os momentos inicial e processual, especialmente para área FC, observamos um leve aumento no número de aspectos expressos por Gael (de 3 para 4). Isto pode ser explicado, conforme elucidado ao longo do estudo de caso, devido aos conhecimentos prévios que ele demonstrou sobre Filosofia (oriundo de seu Ensino Médio). Contudo, ao longo do percurso formativo, notamos que ele foi expressando o aspecto epistemologia de maneira mais complexa (e com grande frequência – nas A1 a A4, A6 e A8).

Por exemplo, na A1 (momento inicial), ao ser perguntado sobre como explicaria o que é Ciência para um colega de outra área, Gael refletiu sobre os objetivos da Ciência e sua resposta contemplou temas como: busca de respostas, entendimento da realidade e impactos na qualidade de vida. Na discussão da A4 (momento processual), PQ fez uma

enquete via chat para saber quem achava que a atividade que utilizou o filme “Madame Curie” contribuía para desmitificar ou para reforçar a ideia da existência de “um” ou “do” método científico. Gael respondeu que contribuía para desmistificar e justificou sua opinião abarcando os seguintes temas: conhecimentos sobre possibilidades de cometer erros e repetir procedimentos e falta de conhecimentos sobre os elementos humanos no contexto científico (antes de participar de tal atividade). Em sua justificativa, o aspecto epistemologia foi identificado por ele ter feito um paralelo entre método científico e processos e práticas científicas. Ademais, ele destacou a presença do aspecto subjetividade (PC) na Ciência ao se referir a um elemento humano – aspecto este que parece tê-lo marcado desde a discussão da A2, visto que é o segundo aspecto expresso por ele com maior frequência (nas A2 a A4, A6 e A8). Portanto, diferentemente de como ocorreu no momento inicial, neste, ao expressar o aspecto epistemologia, ele não o mencionou de maneira isolada, mas sim de maneira integrada a um outro aspecto e associado a outra área, o que, para nós, reflete uma maior complexidade se comparada à manifestação anterior. Por fim, na A6 (momento final), ao ser perguntado novamente sobre como explicaria o que é Ciência para um colega de outra área e quais são seus principais objetivos, Gael incorporou em sua resposta (além de busca de respostas e entendimento da realidade) os temas: conjunto de conhecimentos (o que vai ao encontro da essência do MoCEC v.2) e elementos humanos (destacando novamente a presença da subjetividade na Ciência de maneira integrada à epistemologia). Ademais, ele mesmo reconheceu que o significado que ele atribuía para Ciência havia mudado durante seu percurso formativo, mais especificamente ao cursar a disciplina. Portanto, a partir desse reconhecimento e das ideias e/ou relacionamentos entre elas (identificadas e apresentadas por temas relacionados às essências das respostas dadas por ele), foi possível discutir um provável desenvolvimento de sua visão sobre o aspecto em questão.

Como mencionado anteriormente, houve um aumento expressivo no número de aspectos da área PC manifestados por Gael e um dos aspectos associados a tal área, subjetividade, também foi expresso com grande frequência e de maneira mais complexa (em relação aos outros aspectos da referida área). Como evidenciado no estudo de caso, este parece ter sido um dos elementos humanos que o marcou bastante. Por exemplo, na A2 (momento inicial), ideias associadas à subjetividade foram identificadas

no Portfólio 1 de Gael quando ele fez questionamentos sobre temas como: caráter impessoal da Ciência e neutralidade da Ciência. Na atividade seguinte, A3 (momento processual), novas ideias foram identificadas em seu Portfólio 2A, quando ele escreveu sobre os mesmos temas, mas apresentando respostas para seus questionamentos anteriores ao afirmar que a Ciência é “pessoal” e, portanto, não é neutra, pois é influenciada pelas vivências de quem a está produzindo. Para nós, o fato de ele ter encontrado e apresentado respostas para seus questionamentos entre um portfólio e outro pode ser interpretado como uma evidência de que ele desenvolveu seus conhecimentos sobre tal aspecto. Além disso, consideramos como outra evidência de desenvolvimento o fato, apresentado e discutido anteriormente, de que este aspecto também foi expresso de maneira integrada a outro – por exemplo, na A6 (momento final) ao aspecto epistemologia.

Um outro aspecto que também foi expresso com a mesma frequência do aspecto subjetividade, foi interação entre cientistas, associado à área SC (no QI e em A1, A3, A6 e A8). Por exemplo, logo no início da A1 (momento inicial), Gael o mencionou como um dos fatores que influenciam no desenvolvimento e uso de conhecimentos científicos. Para isso, ele abordou os seguintes temas: diversidade, coletividade e diálogos que foram discutidos em um estudo que ele havia lido. Ao participar da A3 (momento processual), ele relacionou os mesmos temas que foram discutidos no estudo lido por ele ao modo como os grupos foram organizados na disciplina para participar daquela e das próximas atividades. De acordo com Gael, ele pôde perceber na prática, ao trabalhar em grupo, que tais temas contribuem na interação de cientistas, visto que ele e os demais FP estavam vivenciando práticas científicas e epistêmicas análogas às que cientistas vivenciam ao produzir conhecimentos científicos. Isto também foi evidenciado na A6 (momento final), quando mais uma vez ele fez referência a como seu grupo trabalhou ao longo de tal atividade. Assim, entendemos que tal aspecto possa ter sido desenvolvido na medida em que Gael validou na prática, ao trabalhar em grupo, seus conhecimentos prévios sobre um estudo que havia lido antes de cursar a disciplina, bem como os generalizou ao relacionar com as interações dos cientistas de maneira mais ampla.

Para finalizar, na área HC, um aspecto que também foi expresso com grande frequência, foi progressividade (nas A1, A2, A4 e A6). Na A1 (momento inicial), ao ser questionado sobre como cientistas decidem quais questões devem ser investigadas, Gael abarcou em sua resposta temas como: percepção da natureza, questões iniciais, estudos e

novas questões. Apesar de esse aspecto ter sido identificado a partir dessas ideias, ao mencionar que novas questões são formuladas à medida que determinados conhecimentos científicos vão sendo produzidos, neste primeiro momento sua resposta foi mais geral. Ainda nesse mesmo momento, porém na próxima atividade (A2), quando perguntado sobre se a mumificação é ou não Ciência, identificamos tal aspecto quando ele escreveu sobre validação de conhecimentos científicos. Isto porque sua resposta foi mais específica se comparada à anterior, pois ele manifestou a ideia de que os processos de avaliação, revisão e validação de tais conhecimentos ocorrem de maneira gradativa ao longo do tempo. Durante o percurso formativo, mais especificamente na A4, Gael também expressou o referido aspecto nos destaques que fez com relação a alguns dos recortes (sétimo, oitavo e décimo) do filme “Madame Curie” que foi utilizado. Neles, ele contemplou os seguintes temas: resistência à revisão de teorias, complementação ou refutação delas. Tais temas foram expressos de maneira integrada a outros dois aspectos dessa mesma área: não linearidade e provisoriedade. Isto porque a ocorrência de mudanças de paradigmas com relação aos elementos (quatro elementos: terra, ar, fogo e água para 78 elementos químicos inertes e um elemento químico novo ativo – na época retratada no filme) ao longo do tempo é consequência de o processo de construção de conhecimentos científicos ser dinâmico, isto é, não linear e progressivo, evidenciando assim a complexidade das ideias que ele destacou. Para encerrar, na A6 (momento final), quando questionado sobre quais aspectos o caso histórico sobre Marie Curie possibilitou que ele refletisse, Gael respondeu de maneira mais ampla, ou seja, generalizou esta e as respostas anteriores ao destacar a característica circular do conhecimento científico.

Ressaltamos que apresentamos evidências e discutimos as possibilidades de desenvolvimento de conhecimentos relacionados a alguns aspectos de NdC por parte de Gael apenas para aqueles que foram expressos nos três momentos específicos do processo formativo (e que foram expressos com grande frequência – em seis, cinco (2 vezes) e quatro atividades, respectivamente). Por este motivo, não discutimos a possibilidade de desenvolvimento de nenhum aspecto associado, por exemplo, à área proposta por Gael e suas colegas de grupo (CC). Contudo, ela receberá a devida atenção em outra parte deste capítulo (implicações acadêmicas).

Ademais, o Gráfico 7.1 nos mostra a importância de conduzir uma investigação processual (na medida do possível), pois ele exemplifica o que havíamos salientado no

subtópico 5.3.2 sobre não podermos afirmar que, de fato, determinados aspectos de NdC foram desenvolvidos, uma vez que a não expressão deles em respostas dadas por Gael no QI e nas A1 e A2 não garante que eles não faziam parte de seu repertório de conhecimentos antes de cursar a disciplina. Isto porque, como demonstrado ao longo de todo o estudo de caso, seus conhecimentos prévios sobre o campo de DC faziam parte de seu repertório. De maneira análoga, a expressão de determinados aspectos associados à área que seu grupo propôs ao participar das A3 a A5 não garante que ele os desenvolveu durante a disciplina, pois eles podem não ter sido expressos antes por falta de oportunidades – como o estudo de caso nos revela. Neste caso, em especial, para esta área que não é contemplada no MoCEC v.2, entendemos que afirmativas mais assertivas sobre o real desenvolvimento de aspectos associados a ela só poderão ser feitas a partir de uma nova investigação que, além de processual, leve-a em consideração na elaboração de atividades que venham constituir, por exemplo, uma outra disciplina, na qual seja possível inserir e discutir aspectos associados à área CC de maneira intencional.

Para finalizar, chamamos a atenção para o fato de alguns dos possíveis aspectos desenvolvidos por nosso sujeito de pesquisa terem coincidido com os que foram desenvolvidos pela FP investigada no estudo de Lima, Ibraim e Santos (2021) (por exemplo, epistemologia (FC); subjetividade (PC); e interação entre cientistas (SC)). Tal coincidência nos parece sugerir uma tendência de possíveis aspectos que talvez os FP tenham mais facilidade não apenas para mobilizar, mas também para desenvolver ao longo de um processo formativo. Dessarte, pautadas em nossos resultados, concluímos que além da diversidade e do número de aspectos expressos por Gael, a complexidade com que ele expressou determinados aspectos nos possibilita afirmar que sua visão *sobre* Ciências foi se ampliando ao longo da disciplina.

### **7.1.2 Relações entre bases de conhecimentos profissionais e natureza da ciência**

Visando discutir nossa segunda questão de pesquisa (Como futuros professores de Química articulam tais conhecimentos às suas bases de conhecimentos profissionais ao planejar e analisar situações de ensino autênticas?), consideramos principalmente os resultados discutidos em relação às A8 e A9 para demonstrarmos tais articulações feitas por Gael, algumas vezes juntamente de suas colegas de grupo.

Essas articulações foram demonstradas a partir do estabelecimento de relações entre CCon e amplificadores, filtros, CPed e CCur. Não identificamos o estabelecimento de relações entre CCon e CEst ou CAva. Isto era esperado, uma vez que não ocorreu a condução do conjunto de atividades elaborado por G2 em contextos regulares de ensino. Ademais, dificilmente conseguiríamos categorizar tais relações em nosso estudo, visto que de acordo com a literatura da área (como apresentado e discutido em nosso capítulo de revisão de literatura, por exemplo em AYDIN; DEMIRDÖĞEN; MUSLU; HANUSCIN, 2013; HANUSCIN, 2014; MENON; SINHA, 2013) estas duas bases são as mais difíceis de serem mobilizadas e/ou desenvolvidas, principalmente no contexto em que nossa investigação foi conduzida: de formação de professores e em plena pandemia, quando as escolas básicas se encontravam fechadas. Vale lembrar que a não identificação dessas relações é coerente tanto com as relatadas na literatura quanto com as frequentemente observadas em contextos regulares de ensino (que, muitas vezes, não são relatadas devido à realidade do professor da Educação Básica em nosso país): a falta de CAva implica na falta de CEst, visto que se a aprendizagem de NdC de estudantes não é avaliada, não é possível ao professor saber se e o que eles aprenderam.

As articulações a partir do estabelecimento de relações entre CCon e amplificadores, filtros, CPed e CCur foram classificadas em relação às suas formas de expressão (manifestada ou subentendida) e/ou ao seu propósito. Tendo identificado os elementos envolvidos nas articulações e as próprias articulações, apresentamos exemplos de relações estabelecidas envolvendo cada um dos elementos.

### **7.1.2.1 Trocas de conhecimentos**

Para planejar uma situação de ensino autêntica, como descrito ao longo do estudo de caso, os integrantes do grupo de Gael se reuniram várias vezes. Em tais reuniões, eles foram definindo elementos importantes da proposta deles. Nesse sentido, apresentamos alguns dos elementos envolvidos tanto em conhecimentos quanto em experiências de ensino e de aprendizagem que foram influenciados por amplificadores ou filtros durante o desenvolvimento da proposta de seu grupo.

No que se refere à abordagem a ser adotada, Gael afirmou que não gostava da ideia de abordagem histórica porque geralmente isto significava usar filmes que,

muitas vezes, contribuíam para reforçar estereótipos. Tal afirmativa foi feita com base em suas vivências ao longo do Ensino Médio e expressa durante e após sua participação na A4 (possíveis origens). Além disso, ele destacou que tinha receio de trabalhar com essa abordagem no Ensino Médio, pois achava que não conseguiria conduzir de maneira adequada uma atividade pautada nela. Na fala de Gael, identificamos CPed no reconhecimento tanto do uso de caso histórico como uma abordagem de ensino quanto no uso de filmes como uma estratégia de ensino ao adotar a referida abordagem, ambas para introduzir e discutir aspectos de NdC. Assim, com base em suas experiências, ele expressou sua crença de que filmes tendem a reforçar estereótipos, o que atuou como filtro para convencer suas colegas a não adotar tais abordagem e estratégia no planejamento de uma situação de ensino autêntica. Neste caso, uma relação foi estabelecida entre CCon e CPed e mediada pelo filtro relacionado a propósitos como o de definir a abordagem e a estratégia da proposta.

Na proposta de G2, toda a parte em que o MoCEC v.2 foi apresentado e explicado foi categorizada como CCon. Nesta parte, foram explicitados os conhecimentos prévios de Gael sobre o campo de DC que apareceram durante todo o processo de elaboração da proposta e que atuaram como amplificadores na proposição, apresentação e explicação da área CC e dos seis aspectos associados à tal área: comunicação entre pares, tradução, saberes populares, conceitos, signos e representações e questionamentos. Então, estes são exemplos de relações estabelecidas entre CCon e amplificadores relacionadas aos propósitos e, desta vez, elas também estão relacionadas de maneira explícita a aspectos ou elementos de NdC.

### **7.1.2.2 Conhecimentos pedagógicos**

Ao planejar uma situação de ensino autêntica, os integrantes do grupo de Gael tinham que identificar possíveis aspectos de NdC que poderiam ser inseridos e discutidos a partir da condução de tal proposta em contextos regulares de ensino. Logo, esta seria uma oportunidade de eles articularem seus CCon aos CPed que são justamente aqueles relacionados a como introduzir aspectos de NdC no ensino de Ciências, podendo ser introduzidos de maneira contextualizada, explícita e integrada a partir de atividades investigativas como modelagem, caso histórico e caso contemporâneo (como ocorreu na disciplina optativa).

Na proposta elaborada (ver Anexo A), notamos que ao invés de explicitados para os estudantes, alguns aspectos seriam vivenciados por eles (como aconteceu com os FP ao participarem da A3). Isto porque, como evidenciado nos comandos das atividades elaboradas por eles, os estudantes atuariam como cientistas, uma vez que eles simulariam o trabalho de um grupo de pesquisa. Isto justifica a diversidade de aspectos identificados pelos integrantes do G2. No material do professor, eles usaram maneiras diferentes para articular seus CCon na proposição de ações docentes mas, para a maioria dos aspectos identificados (ver Quadro 7.1), eles não apresentaram orientações de como o professor poderia introduzi-los, de maneira explícita, em contextos regulares de ensino. Portanto, as articulações estavam subentendidas.

Nesse sentido, a maioria das justificativas que os integrantes do grupo apresentaram para a identificação de cada um dos aspectos evidencia apenas seus CCon, ou seja, isto não significa que, necessariamente, tais CCon foram articulados na proposta (algo que eles manifestaram apenas para as Partes 4, 5 e 6 do conjunto de atividades elaborado). Tal dificuldade dos FP em diferenciar as maneiras implícita e explícita de vivenciar e discutir os aspectos de NdC (no caso deles de propor ações docentes, por exemplo, no material do professor) é explicitada durante a discussão da proposta. Isto ficou claro, por exemplo, quando P1 questionou o porquê de eles terem identificado que as cartas a serem redigidas pelos estudantes seriam uma maneira explícita de discutir os aspectos de NdC que teriam sido vivenciados por aqueles estudantes, visto que eles não propuseram uma discussão após a leitura de tais cartas. A partir de tal diálogo (ver p. 191 a 192), concluímos que de fato eles não entenderam a diferença entre as maneiras de introduzir aspectos de NdC no ensino de Ciências, o que se refletiu diretamente nas articulações que eles fizeram às suas bases de conhecimentos profissionais.

Por exemplo, os integrantes do G2 justificaram a adoção de uma abordagem investigativa em termos do envolvimento dos estudantes desde a interpretação do problema em questão até a etapa de propor uma solução para ele. Tais ideias mostram que eles entendiam as potencialidades da abordagem adotada. Ademais, eles informaram que o objetivo deles com aquele conjunto de atividades de ensino não era julgar os modelos a serem criados pelos estudantes como “certos” ou “errados”, mas sim possibilitar que, a partir daquelas atividades de modelagem, eles entendessem como e porque modelos são utilizados no contexto científico. Isto tem a ver com os

conhecimentos de modelagem como uma abordagem investigativa de ensino e, neste caso, tem relação direta com NdC no sentido de uma influência de suas visões *sobre* Ciências. Isto também foi explicitado quando eles afirmaram que a partir das atividades que estavam elaborando seria possível aproximar os estudantes da Ciência ao introduzi-los em um contexto científico, no sentido de possibilitar que eles vivenciassem práticas científicas (como a de modelagem). Assim sendo, caracterizamos, ao longo da proposta, CPed relacionados à vivência implícita de aspectos de NdC a partir da vivência das etapas de criação, expressão, teste e avaliação de modelos. Portanto, este é um exemplo de relações estabelecidas entre CCon e CPed tanto subentendida quanto tendo um objetivo específico de definir a abordagem da proposta que visava a introdução de aspectos de NdC.

Todavia, CPed relacionados à vivência explícita de aspectos de NdC também foram identificados na proposição de ações docentes. Isto aconteceu, e de maneira acentuada, na Parte 5 (referente ao congresso simulado). Nela, identificamos o aspecto limitação (PC) quando os integrantes do G2 mencionaram que talvez os estudantes poderiam não lidar muito bem com o fato de serem solicitados a expressar suas dificuldades ao participar do conjunto de atividades proposto. Assim, este é um exemplo de relação estabelecida entre CCon e CPed com o objetivo de prever o comportamento de estudantes.

Especialmente nas questões para a etapa de socialização, os integrantes do G2 apresentaram orientações explícitas de como introduzir os aspectos de NdC identificados por eles, ou seja, a influência exercida por determinados CCon deles em seus CPed durante a proposição de uma situação de ensino autêntica e de como conduzi-la em contextos regulares de ensino de maneira eficaz. Na primeira questão, identificamos o aspecto complexidade (PC) quando eles sugerem que: “É sempre legal comparar essa vivência deles à dos cientistas, perguntando, por exemplo: eles também se sentem desafiados? Isso é um problema?”. Logo, ao propor o uso de comparações e de questões, os integrantes do G2 manifestaram verbalmente relações entre CCon e CPed.

Categorizamos, mais uma vez, o aspecto complexidade (PC), bem como o não linearidade do pensamento (PC), ambos na terceira questão, quando os FP

mencionam a presença deles no processo de construção de conhecimentos científicos: “Mais uma vez, é interessante exemplificar a recursividade e a complexidade do ‘fazer Ciência’, e incentivar a compreensão de que não são saltos cognitivos e sim um processo não linear de construção de conhecimentos científicos.”. Neste caso, ao propor o uso de exemplos, os integrantes do G2 manifestaram verbalmente uma relação entre CCon e CPed; e ao sugerir a promoção de reflexões, eles estabeleceram uma relação também entre CCon e CPed com o objetivo de promover reflexões por parte de estudantes.

### 7.1.2.3 Conhecimentos de currículo

Um dos objetivos principais dos integrantes do G2 ao planejar uma situação de ensino autêntica era promover o ensino de NdC a partir da introdução de aspectos de NdC. Nesse sentido, mesmo sendo na avaliação da disciplina (última parte da A9), Gael estabeleceu uma relação subentendida entre CCon e CCur, isto é, a partir da proposição de vivências baseadas, por exemplo, nas experienciadas por ele antes e durante a disciplina optativa. Isto aconteceu quando ele foi questionado sobre em que e como aquela disciplina contribuiu, ou poderia contribuir no futuro, para sua formação. Ao responder, ele apresentou a intenção de ensinar NdC a partir da divulgação científica.

Finalmente, destacamos que as relações estabelecidas em nossa pesquisa entre os CCon e amplificadores, filtros, CPed e CCur são algo novo em comparação aos estudos aos quais tivemos acesso (como DEMIRDÖĞEN; HANUSCIN; UZUNTIRYAKI-KONDAKÇI; KÖSEOĞLU, 2016; DEMIRDÖĞEN; UZUNTIRYAKI-KONDAKÇI, 2016). Nos estudos em que relações foram estabelecidas (11 de 14), a maioria delas envolveu apenas as bases de conhecimentos e tomou como referência algumas das cinco categorias do modelo para PCK de Magnusson, Krajcik e Borko (1999) (pois os CCur não foram abordados em alguns estudos), ou seja, foram considerados os elementos envolvidos nas relações, não as relações em si. Outro aspecto inédito oriundo de nossa investigação (pensando no nosso objeto de estudo: Natureza da Ciência) é a ênfase que demos aos processos de amplificar e filtrar elementos envolvidos tanto em conhecimentos quanto em experiências de ensino e de aprendizagem de nosso sujeito de pesquisa durante a fase de planejamento do ensino.

É importante lembrar que, como bem pontuado por Carlson e Daehler (2019), o MCR não especifica os (possíveis) caminhos pelos quais um professor pode vir a mobilizar e/ou desenvolver seus PCK para o ensino de Ciências (independente do objeto de ensino: algum conteúdo ou algum aspecto de NdC). Assim sendo, esperamos que as relações identificadas a partir de nossos dados possam contribuir para iluminar e desvendar tais caminhos.

### 7.1.3 Relações entre conhecimentos pedagógicos de conteúdo e natureza da ciência

A fim de responder nossa última questão de pesquisa (Como futuros professores de Química integram tais conhecimentos aos seus conhecimentos pedagógicos de conteúdo ao planejar uma situação de ensino autêntica?), consideramos principalmente os resultados oriundos da A8 para elucidarmos tais integrações feitas por Gael juntamente de suas colegas de grupo.

Como evidenciado no subtópico anterior, a maioria dos aspectos de NdC elencados na coluna A8 do Quadro 7.1 seria apenas vivenciada pelos estudantes ao participarem do conjunto de atividades elaborado por G2. Desse modo, eles seriam introduzidos de maneira implícita. Entretanto, os integrantes do G2 propuseram uma discussão explícita para alguns dos aspectos (a saber: complexidade (PC), falibilidade (PC e SC), limitação (PC), não linearidade do pensamento (PC), representação (PC); e objetivos e papéis de especialistas (cientistas) (CC)) e conforme apontando por Carlson e Daehler (2019) no MCR, isto parece indicar:

- uma transformação de cPCK em pPCK de Gael, levando em conta tanto os conhecimentos sobre o campo de DC que ele já havia desenvolvido em outros contextos antes de cursar a disciplina optativa e compartilhado com suas colegas de grupo, quanto os conhecimentos relacionados à NdC que os integrantes do G2 construíram e compartilharam coletivamente com P1, P2, PQ e os sujeitos participantes da pesquisa ao longo da disciplina; ou
- pPCK de Gael sendo originados a partir de cPCK, pensando nos dois objetos de conhecimentos (NdC e DC, que se relacionam) manifestados por todos os integrantes do G2, bem como por P1, P2, PQ e os sujeitos participantes da pesquisa (evidenciando assim, que eles são cumulativos); e

- uma transformação de pPCK em ePCK de Gael, visto que eles foram mobilizados por ele junto de suas colegas de grupo pensando na real ocorrência do processo de ensino, mesmo que apenas na fase de planejamento (demonstrando assim, que eles são dinâmicos).

Portanto, temos evidências para afirmar (de acordo com as conclusões apresentadas para a QP2, mais especificamente as envolvendo as articulações entre CCon e CPed) que Gael integrou apenas os aspectos elencados anteriormente aos seus PCK para NdC ao planejar uma situação de ensino autêntica. Logo, tal integração só foi possível para oito dos 28 aspectos (29%) mobilizados por ele e suas colegas durante o desenvolvimento da A8. Por fim, relembramos que durante o desenvolvimento da A8 Gael afirmou que estava sendo muito difícil para ele cursar aquela disciplina sem ter feito nenhuma outra disciplina específica da Licenciatura antes. Naquele momento, entendemos tal afirmação como um reconhecimento de que ele não tinha muitos PCK (cPCK, pPCK e ePCK) para NdC que poderiam ser mobilizados durante a elaboração do planejamento de seu grupo. Isto foi confirmado ao constarmos que apenas oito aspectos foram integrados aos seus PCK para NdC.

Uma outra contribuição da nossa pesquisa e oriunda de sua limitação (a investigação ter sido feita apenas na fase de planejamento) é a proposição da reflexão no ato e após o ato de planejar – que antecede o ato de ensinar. Isto se difere da proposta de Carlson e Daehler (2019) no MCR, que assume reflexão como associada somente ao ato de ensinar e a momentos imediatamente posteriores a ele. Como demonstrado em nosso estudo de caso, o fato de termos proposto a análise de planejamentos de aulas durante e após a apresentação deles para toda a turma, possibilitou a ocorrência da fase de reflexão também durante o planejamento do ensino.

Em certa medida, isto vai ao encontro da alteração proposta (teoricamente com utilização de exemplos ao revisar estudos empíricos anteriores) por Alonzo, Berry e Nilsson (2019) na representação do ciclo de raciocínio pedagógico, quando, por exemplo, elas trocam as setas únicas (que indicam sentido único: planejar, ensinar e refletir) por setas duplas (que indicam possibilidades mais amplas de raciocínios). A nosso ver, tal mudança significa que as autoras reconhecem que os raciocínios de um professor são dinâmicos e não lineares, podendo se iniciar em quaisquer uma das fases mencionadas. Contudo, ainda assim, elas

concordam com Carlson e Daehler (2019) em relação à fase de reflexão ocorrer apenas durante e após o ato de ensinar.

Considerando a proposta de Alonzo, Berry e Nilsson (2019), a transformação de pPCK em ePCK de Gael pode ser interpretada como uma transformação de ePCK em pPCK ou de seu pPCK sendo originado a partir de ePCK. Dessarte, em acordo com as autoras, concluímos que, mesmo não tendo ocorrido a parte prática da investigação em função da pandemia, dificilmente seria possível caracterizar diretamente os ePCK envolvidos em tais fases, visto que as transformações de ePCK em pPCK e vice-versa são muito sensíveis, no sentido de, por vezes, serem tácitas, ou seja, não formalmente manifestadas.

Apesar de não ter sido nossa intenção discutir um possível desenvolvimento para os PCK para NdC de Gael, apontamos que talvez ele possa tê-los desenvolvido ao participar da disciplina optativa. Isto porque, de acordo com Fouad Abd-El-Khalick e Norman Lederman (2000), professores de Ciências que têm a oportunidade de elaborar planejamentos de aulas com foco em NdC e propor maneiras de avaliar os conhecimentos de NdC de estudantes que venham a participar de tais aulas podem vir a desenvolver seus PCK para NdC.

## **7.2 Implicações para a Educação em Ciências**

Nesta parte do capítulo, apresentamos as implicações desta pesquisa divididas em termos de suas diferentes naturezas.

### **7.2.1 Implicações acadêmicas**

Neste momento, duas principais implicações acadêmicas desta pesquisa nos parecem claras: a inclusão de uma nova área de conhecimento no MoCEC v.2, Comunicação da Ciência (CC), bem como de aspectos associados a ela; e a inclusão de discussões relacionadas aos conhecimentos derivados de reflexões de professores de Ciências na fase de planejamento (e não somente na ação de ensinar, como proposto por Carlson e Daehler (2019) e Alonzo, Berry e Nilsson (2019)).

A inclusão da área CC e dos respectivos aspectos associados a ela em uma nova estrutura não é uma implicação apenas desta Tese, mas sim da pesquisa como um todo. Como se trata de um Doutorado que foi desenvolvido ao longo de quatro anos e três meses (acréscimo disponibilizado pela CAPES e pelo PPGE-FaE-UFMG devido aos

prejuízos causados pela pandemia), outros estudos foram desenvolvidos simultaneamente, principalmente quando a coleta de dados foi suspensa nos primeiros meses da pandemia. Naquele período, em meio a tantos questionamentos e tantas notícias sobre a pandemia, nos envolvemos na redação de um artigo para um número especial do periódico *Science & Education* (MAIA; JUSTI; SANTOS, 2021). Nele identificamos, apresentamos e discutimos aspectos de NdC no contexto de produção e comunicação de conhecimentos científicos relacionados à COVID-19. Em meio e após a redação deste artigo, começamos a voltar nossos olhares para o processo de comunicação da Ciência.

Tal processo tem sido abordado na literatura da área desde a década passada, mas somente de maneira “genérica” e levando em consideração apenas os cientistas. Por exemplo, Douglas Allchin (2011) ao propor uma abordagem alternativa baseada na ideia de Ciência Integral, apresenta um perfil de dimensões que é constituído por 10 categorias epistêmicas funcionais, sendo uma delas relacionadas à comunicação. Gürol Irzik e Robert Nola (2014) ao ampliarem sua proposta de abordagem alternativa de NdC, identificada como Semelhança de Família (IRZIK; NOLA, 2011), incluíram mais quatro categorias que contribuem para a caracterização da Ciência como um sistema socioinstitucional, sendo uma delas voltada para a certificação social e disseminação de conhecimentos científicos. Além disso, ao perceber a ausência de algum aspecto relacionado à comunicação na lista de princípios proposta por Lederman e colaboradores (LEDERMAN, 2006; LEDERMAN; ABD-EL-KHALICK; BELL; SCHWARTZ, 2002), Kristian Nielsen (2013) propôs que tal aspecto fosse incluído e também sugeriu que ele fosse discutido de duas maneiras. Uma delas seria voltada para o papel da comunicação como um tipo de conhecimento científico e a outra para a produção e validação de conhecimentos científicos.

Apenas recentemente tivemos acesso a um estudo que abordou o processo de comunicação da Ciência de maneira mais detalhada do que os anteriores e levando em consideração não só cientistas, mas também o público em geral, especificamente a partir do uso de mídias sociais. Ao fazerem isto, Dietmar Höttecke e Douglas Allchin (2020) ampliaram o alcance da categoria epistêmica funcional relacionada à comunicação. Analisando o artigo, nos parece que a intenção dos autores era destacar o processo de comunicação que ocorre tanto na Ciência quanto na sociedade.

Com a retomada da coleta de dados e olhares atentos, fomos percebendo elementos explícitos do processo de comunicação da Ciência relacionados ao grupo de indivíduos não especialistas, mais especificamente aos divulgadores científicos. Para isto também contribuíram os fatos de nosso sujeito de pesquisa cursar disciplinas e desenvolver trabalhos no campo de DC, o que influenciou muitas de suas ideias expressas ao longo de toda a pesquisa, inclusive a proposição, juntamente com suas colegas de grupo, de que esta área fosse incluída no modelo.

Visando entender um pouco mais sobre o campo de DC e de maneira geral sobre os outros dois grupos de indivíduos para além dos especialistas (cientistas), após a finalização da coleta de dados, matriculei-me em uma disciplina do Curso de Especialização em CPC ofertado pela UFMG e em um curso sobre este mesmo assunto ofertado pela Fundação Oswaldo Cruz, ambos introdutórios, no formato on-line e com carga horária de 30 horas cada. Ao participar de ambos, fiz leituras obrigatórias indicadas tanto na disciplina quanto no curso, assim como leituras complementares sugeridas em ambos. A partir delas, identifiquei tanto ideias (por exemplo, as relacionadas aos modelos de comunicação científica) como referências que se repetiam (por exemplo, as publicações de Bruce Lewenstein, que é especialista em CPC e considerado uma referência mundial na análise dos modelos de comunicação). Saliento que a maioria de minhas leituras foram de autores que se afiliam aos estudos sociais da Ciência e da Tecnologia (como BROSSARD; LEWENSTEIN, 2009; BUCCHI; TRENCH, 2014; LABINGER; COLLINS, 2001; LONGNECKER, 2016; POLINO; CASTELFRANCHI, 2012; WYNNE, 1995). Contudo, conforme explicitado anteriormente, também reli autores que discutem o processo de comunicação da Ciência pela ótica da Educação em Ciências (como ALLCHIN, 2011; HÖTTECKE; ALLCHIN, 2020; IRZIK; NOLA, 2014; NIELSEN, 2013). Na sequência, a fim de apresentar e discutir nossas ideias iniciais sobre a relação entre Comunicação da Ciência e Natureza da Ciência, redigimos um trabalho para a conferência promovida pela ESERA em 2021 (JUSTI; SANTOS; ELYSEU, 2021).

Tais informações históricas evidenciam que categorias emergiram de nossos dados, mas não apenas, pois elas influenciaram e foram influenciadas por outros contextos como da disciplina, dos cursos e das redações tanto do artigo para o número especial quanto do trabalho para a conferência. A redação de um artigo completo sobre o tema será retomada após a defesa (e um certo afastamento) desta Tese – e levando

em consideração possíveis apontamentos feitos pela banca examinadora. Até o presente momento, o que fizemos nesse sentido foi uma busca na literatura da área de Educação em Ciências voltada especificamente para comunicação da Ciência visando complementar nossa visão para além daquela favorecida pelos estudos sociais da Ciência e da Tecnologia e dos da Educação em Ciências que envolvem a comunicação (citados nos parágrafos anteriores).

Na versão do modelo utilizada nesta Tese, MoCEC v.2, a comunicação em si é contemplada praticamente por um único aspecto de NdC, representação, relacionado à área Psicologia da Ciência e, portanto, voltado apenas para os especialistas (cientistas). Assim, incluir essa nova área no modelo nos possibilita caracterizar a Ciência de uma maneira mais ampla e inclusiva, uma vez que incluímos outros indivíduos no processo (não especialistas, por exemplo, divulgadores científicos, jornalistas, funcionários e colaboradores de museus de Ciências e público em geral).

Portanto, em relação à nossa primeira implicação, apresentamos no Quadro 7.2 os aspectos de NdC que estamos propondo constituir tal área de conhecimento incorporada ao MoCEC v.2. A inclusão dela vai ao encontro do proposto por Santos, Maia e Justi (2020) ao destacar que as áreas presentes no modelo não são únicas, mas sim exemplos importantes que contribuem para se pensar *sobre* Ciências de forma ampla. Tal característica é evidenciada em sua representação visual analógica pela existência de um ponto de interrogação associado a uma das cápsulas.

Na explicação do MoCEC v.2, as autoras apresentaram a caracterização de cada área a partir de uma síntese de o que cada uma se propõe a estudar seguida do significado de seus respectivos aspectos. Aqui, considerando que a área CC envolve vários agentes (cientistas, como nas demais áreas e outros indivíduos que podem participar de alguma maneira do processo de comunicação da Ciência, como divulgadores científicos, jornalistas, funcionários e colaboradores de museus de Ciências e público em geral), proceder da mesma maneira tornaria o texto confuso. Por isso, optamos por apresentá-los de maneira relacionada em um quadro.

A leitura de tal quadro deve ser feita por colunas, isto é, considerando cada grupo de indivíduos separadamente dos demais. Além disso, os objetivos e papéis são apresentados em relação aos sujeitos que estão comunicando; os modos de

comunicação são os que eles frequentemente adotam; os tipos de fontes são as que eles frequentemente escolhem; e a garantia de confiabilidade se refere ao que está sendo comunicado por tais sujeitos. Finalmente, visando favorecer uma interpretação coerente com as ideias que nos guiaram na proposição do referido quadro, apresentamos o significado para duas expressões nele utilizadas que podem interferir no entendimento dos aspectos associados à nova área:

- *Viés de confirmação*<sup>56</sup>, tendência em procurar, falar, ouvir e compartilhar apenas informações que reforçam crenças e práticas de um sujeito ou grupo de indivíduos e, conseqüentemente, ignorar as que as contradizem. Isto é muito comum no ambiente das mídias sociais em decorrência das “bolhas digitais” criadas por algoritmos; e
- *Conflito de interesses*, divergência que ocorre quando uma comunicação é feita com um interesse secundário, por exemplo, financeiro<sup>57</sup>. No caso de comunicações científicas em periódicos, a prática corrente é a de explicitar a existência ou não de conflitos de interesses em um item específico ao final do artigo.

---

<sup>56</sup> Apesar de ser um aspecto relacionado à Psicologia da Ciência, optamos por incluí-lo nesta nova área, visto que ela entende indivíduos em um sentido mais amplo, ou seja, não apenas como cientistas, como nas demais áreas representadas no MoCEC v.2 (SANTOS; MAIA; JUSTI, 2020).

<sup>57</sup> Por exemplo, quando um cientista ou um grupo de cientistas está desenvolvendo um fármaco e recebe financiamento de uma indústria farmacêutica que possui interesse em comercializá-lo.

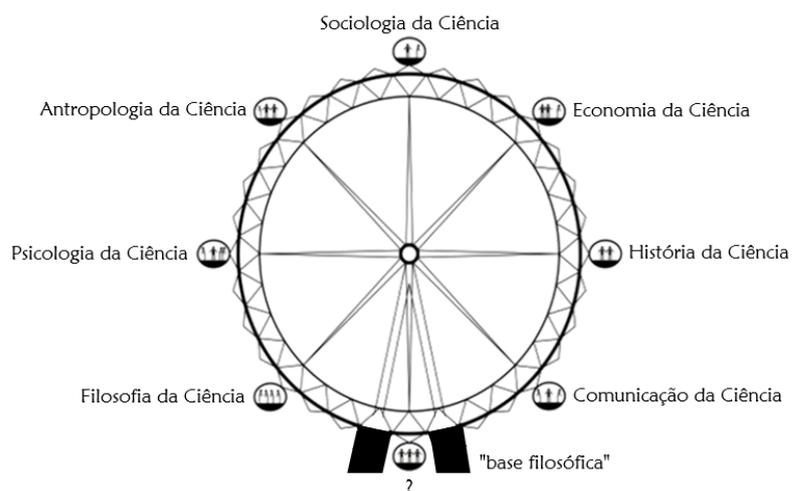
**Quadro 7.2** – Principais aspectos que caracterizam a área Comunicação da Ciência

Indivíduos	Especialistas (cientistas)	Não especialistas (divulgadores científicos, jornalistas, funcionários e colaboradores de museus de Ciências)	Público em geral
<b>Objetivos</b>	Construir, avaliar e validar conhecimentos científicos; persuadir seus pares; promover o pensamento crítico <i>sobre</i> Ciências e comunicação científica	Divulgar informações científicas visando favorecer compreensão geral, tomada de consciência, engajamento em debates sobre questões sociocientíficas	Popularizar informações científicas visando difundir noções gerais; favorecer o engajamento em debates sobre questões sociocientíficas
<b>Papéis</b>	Ser produtores e consumidores de conhecimentos científicos	Ser mediadores e consumidores de conhecimentos científicos	
<b>Modos de comunicação</b>	Linguagens técnicas: verbal; pictórica; simbólica e/ou matemática; recursos tecnológicos	Linguagens verbal e/ou pictórica; recursos tecnológicos	
<b>Tipos de fontes</b>	Periódicos; livros acadêmicos; comunicações e discussões em conferências científicas	Revistas de divulgação científica; livros não acadêmicos; mídias de informação; filmes; exposições; sites	Sites (principalmente os privados como blogs); mídias sociais
<b>Garantia de confiabilidade</b>	Informar se houve conflito de interesses; ocorrência de revisão por pares na publicação	Informar se houve conflito de interesses	Informar possível existência de algum viés de confirmação

Fonte: Adaptado de Justi, Santos e Elyseu, 2021, p. 2-3.

A inclusão dessa nova área no modelo, resultou no MoCEC v.3 e, conseqüentemente, em uma nova representação visual para ele (Figura 7.1).

**Figura 7.1** – Science Eye: Representação visual analógica do MoCEC v.3



Fonte: Adaptada de Santos, Maia e Justi, 2020, p. 594.

A inclusão da CC implicou outra alteração, desta vez no significado da sigla, MoCEC, ocorrida a partir da substituição de Ensino por Educação. Tal alteração amplia tanto o significado do modelo quanto seu alcance porque se pensamos em ensino apenas, seu uso tende a se limitar a contextos regulares de ensino (escolas). Por outro lado, quando pensamos em educação, seu uso se amplia para outros contextos para além de escolas, como os espaços onde ocorrem divulgação científica, por exemplo, museus de Ciências.

Tal inclusão também amplia as funções do modelo apresentadas e discutidas na versão anterior por Santos, Maia e Justi (2020). Além de poder ser utilizado tanto por professores (como suporte no planejamento de situações de ensino autênticas) quanto por pesquisadores (como ferramenta de análise de dados coletados em contextos de ensino), o MoCEC v.3 agora também poderá ser utilizado por agentes educativos como suporte no planejamento de ações educativas (por exemplo, as de divulgação científica).

Para isso, tendo entendido o significado de cada aspecto, o divulgador pode introduzi-los, de maneira contextualizada, explícita e integrada ao tema em discussão, ao planejar uma atividade de divulgação científica. Todavia, a quantidade de aspectos e áreas que podem ser inseridos e discutidos em um contexto de divulgação vai depender do contexto em que o público-alvo estiver inserido (por exemplo, um museu de Ciências), do tipo de divulgação (por exemplo, palestra ou material escrito), das

informações a serem compartilhadas e/ou construídas, das ideias prévias que os cidadãos podem expressar sobre o tema em questão, das informações que eles podem pesquisar (ao acessar a Internet em seus smartphones) no momento de divulgação, e dos objetivos do divulgador naquele contexto particular.

Como no caso de contextos regulares de ensino, chamamos a atenção para que o divulgador que opte por utilizar o MoCEC v.3 para planejar uma atividade de divulgação científica não se preocupe em apresentar os nomes, os significados e as respectivas áreas dos aspectos aos cidadãos, e sim as ideias relacionadas a eles (e relações entre elas). Outra alternativa que vislumbramos, dependendo do tipo de divulgação e do objetivo do divulgador, seria os próprios cidadãos expressarem tais ideias/relações. Em relação a isso, reconhecemos a necessidade da realização de novos estudos especialmente voltados para como divulgadores podem usar, e/ou efetivamente usam, o MoCEC v.3.

Para finalizar, assim como Philip Abelson (1980), defendemos que “o elemento-chave na construção e preservação deste edifício maravilhoso [Ciência] é a comunicação. Sem comunicação não haveria Ciência” (p. 60). Logo, se queremos continuar produzindo e difundindo Ciência, temos o dever de comunicar a Ciência que está sendo produzida na universidade. Aliando a isto a introdução de aspectos de NdC, no ensino de Ciências e/ou na divulgação científica, entendemos ser possível apresentar a Ciência em construção. Isto converge para as ideias de Yuriy Castelfranchi (2008) quando ele chama a atenção para o fato de não nos limitarmos em comunicar apenas a “‘notícia’ – o ‘Quem-Que-Onde-Quando’ da descoberta científica” (p. 13), mas também o como e o porquê, ou seja, comunicar o processo além do produto, comunicar a Ciência em ação. À vista disso, nas palavras dele, é preciso irmos além da “tradução”, é preciso abrir a “caixa preta” da Ciência. Por este motivo, enquanto pesquisadoras da temática Natureza da Ciência, nos preocupamos em desenvolver um olhar mais sensível para a área Comunicação da Ciência.

Dessarte, a partir de futuros estudos baseados no MoCEC v.3 e da divulgação de resultados derivados deles, em breve, esperamos promover reflexões críticas sobre como professores, pesquisadores e divulgadores estão contribuindo para a promoção e o alcance de uma educação científica mais autêntica e, conseqüentemente, voltada para

a cidadania global. Portanto, esperamos que a partir de estudos futuros possamos contribuir para:

- o desenvolvimento de uma visão mais ampla *sobre* Ciências não apenas por parte de professores (inseridos em contextos de formação inicial e continuada) e estudantes (da Educação Básica), mas também por parte do público em geral;
- o desenvolvimento de opiniões públicas informadas e críticas sobre temas relacionados a Ciências por parte de professores, estudantes e público em geral;
- e
- a promoção de diálogos entre todos os interessados na temática Natureza da Ciência.

Assim, fazendo alusão à mitologia grega, e inspiradas nas palavras de Willian Laurence (um dos escritores científicos no *The New York Times* em 1930) mencionadas muitas vezes por Yuriy Castelfranchi em suas aulas, professores, pesquisadores e divulgadores não assumiriam o papel de Prometeu (que ousou roubar o fogo dos deuses, detentores do conhecimento, e oferecê-lo para a humanidade, pessoas comuns e sem conhecimento, contrariando as vontades de Zeus), mas sim o de Hermes, o deus alado, mensageiro, que conecta (mostra possíveis caminhos entre) o mundo do Olimpo e o da Terra.

Pensando na pesquisa que foi desenvolvida e apresentada nesta Tese, e retomando a segunda implicação mencionada no início deste tópico, em função da pandemia, nosso foco se restringiu apenas à fase de planejamento do ensino, contrariamente ao previsto no projeto original, no qual havíamos incluído as fases de ensino em sala de aula e reflexão sobre tal ensino.

Contudo, tal restrição nos possibilitou incluir discussões relacionadas aos conhecimentos derivados de reflexões de professores de Ciências na ação de planejar. Pensando na formação de professores, na qual geralmente o acesso a contextos regulares de ensino é restrito e, conseqüentemente, nas pesquisas desenvolvidas nesta área, ao fazermos tal inclusão, contribuimos para ampliar a possibilidade de mobilização e desenvolvimento de conhecimentos derivados de reflexões. Isto porque nem sempre será possível contribuir para a mobilização e o desenvolvimento de conhecimentos

derivados de reflexões oriundas do ato de ensinar, como inicialmente proposto por Carlson e Daehler (2019) e Alonzo, Berry e Nilsson (2019).

No entanto, ressaltamos que uma pesquisa mais robusta (conforme havia sido proposta) foi apenas adiada, pois pretendemos desenvolvê-la em um momento futuro. Assim, poderemos apresentar e discutir a mobilização e o desenvolvimento do constructo PCK para NdC em seus diferentes domínios (cPCK, pPCK e ePCK) e em todas as fases (planejamento, ensino e reflexão), bem como as relações de influências mútuas exercidas por e nos demais componentes do modelo. A nosso ver, isto poderá resultar em uma contribuição para a área, pois, que seja de nosso conhecimento, isto ainda não foi feito com dados relacionados à temática Natureza da Ciência.

### 7.2.2 Implicações para a formação de professores

Retomando nossa revisão de literatura e considerando as atividades que foram elaboradas e conduzidas na disciplina em que os dados foram coletados, uma das implicações desta pesquisa se relaciona à formação de professores. Isto porque, como apontado na literatura, são poucos os materiais disponíveis para auxiliar professores no ensino de NdC (MCCOMAS; CLOUGH; NOURI, 2020). Nesta Tese, todas as atividades que elaboramos foram apresentadas na íntegra (Apêndices B a L) e, portanto, podem ser utilizadas ou adaptadas por outros professores formadores. Além disso, para aqueles que desejarem conduzir tais atividades, algumas delas foram publicadas em capítulos de livro seguidas de orientações para condução em contextos regulares de ensino (sejam eles do Ensino Médio ou do Ensino Superior) (ver SANTOS; JUSTI, 2021a; SANTOS; JUSTI, 2021b; SANTOS; JUSTI; ALMEIDA, 2021)<sup>58</sup>. Isto vai ao encontro do que Fouad Abd-El-Khalick e Norman Lederman destacam em relação a, além de compreender NdC, professores precisarem de:

[...] conhecimentos de uma ampla gama de exemplos, atividades, ilustrações, demonstrações e episódios históricos. Esses componentes permitiriam ao professor organizar, representar e apresentar o tópico a ser ensinado de uma maneira que aspectos de NdC sejam acessíveis aos estudantes. Além disso, o conhecimento de formas alternativas de representar aspectos de NdC permitiria ao professor adaptar esses

---

<sup>58</sup> Disponíveis em: <https://zenodo.org/record/5242285#.Y6HkinbMKUk>.

aspectos aos diversos interesses e habilidades dos estudantes (2000, p. 692, tradução nossa)<sup>59</sup>.

Ainda em relação à disponibilização de materiais, Renné Schwartz e Norman Lederman argumentam que

[...] simplesmente fornecer aos professores um pacote de atividades não será suficiente para aprimorar seus PCK para NdC. O desenvolvimento profissional significativo deve capacitar os professores a desenvolver e revisar materiais existentes, em vez de simplesmente usar os resultados do trabalho de outros (2002, p. 231, tradução nossa)<sup>60</sup>.

Por este motivo, solicitamos que os FP elaborassem uma atividade de ensino e a analisassem, bem como analisassem as outras propostas – ações que podem ser realizadas por outros professores formadores.

Para além das atividades e orientações para a condução delas, temos um relato de como elas foram desenvolvidas e dos resultados obtidos a partir disto. Logo, como apontado por Aydın, Demirdöğen, Muslu e Hanuscin (2013), Hanuscin (2014) e Menon e Sinha (2013), o estudo de caso em si (principalmente os tópicos referentes às A3 a A5) pode ser utilizado em cursos de formação (inicial ou continuada) de professores como fonte de informações para o desenvolvimento de seus PCK para NdC. Tais atividades, orientações e estudo de caso avançam no que consta atualmente na literatura, visto que explicitamos como os aspectos de NdC poderiam ser (no caso das orientações) ou foram (no caso do estudo de caso) inseridos e discutidos durante a condução das atividades. Tal explicitação pode contribuir para incrementar a compreensão de leitores que não possuem uma visão ampla *sobre* Ciências e/ou não possuem um PCK para NdC desenvolvido.

Visando apresentar as implicações da disciplina como um todo, constatamos (a partir dos dados apresentados no tópico referente à A8 no estudo de caso) que os CPed expressos por Gael (e suas colegas de grupo) se relacionavam às abordagens ou estratégias de ensino vivenciadas por eles ao longo da segunda etapa da disciplina, voltada para seus percursos formativos. Tal constatação vai ao encontro da essência da disciplina, explicitada em seu próprio título: “Ensinando Química a partir de Visões Contemporâneas: Da

---

<sup>59</sup> Original em inglês.

<sup>60</sup> Original em inglês.

Teoria à Prática”, assim como de seus objetivos (apresentados no tópico 5.1). Logo, a identificação desses CPed pode ser mais uma evidência de que eles aprenderam sobre abordagens ou estratégias vivenciadas em tal disciplina. Assim sendo, nos parece que disciplinas dessa natureza podem contribuir na mobilização e desenvolvimento desse tipo de conhecimento. Nesse sentido, professores formadores que visem contribuir para a aprendizagem de tais conhecimentos podem adotar a estrutura da disciplina planejada e conduzida neste estudo como exemplo para propor outras disciplinas.

Ademais, além de solicitar que os FP avaliassem a disciplina (na A9), nós também a avaliamos. Ao fazermos isto, inferimos que, em um contexto no qual tivéssemos mais tempo, diferente de uma pesquisa que tem prazos a serem cumpridos, a dividiríamos em três disciplinas: a primeira seria voltada para a vivência das abordagens e a apresentação dos aspectos teóricos relacionados à NdC – o que compreendeu o que denominamos processo formativo nesta Tese; a segunda seria a proposição da atividade de ensino, a ambientação dos FP em escolas da Educação Básica e a condução de tal atividade seguida de uma reflexão; e a última seria uma análise mais aprofundada e a escrita de um artigo por parte deles – o que poderia contribuir para que eles também fossem formados a partir da pesquisa (como defendido, por exemplo, por GALIAZZI; MORAES, 2002). Isto porque, como evidenciado em algumas falas dos próprios FP apresentadas no estudo de caso (no tópico referente à A8), a disciplina foi bastante “pesada”. Logo, considerar a divisão aqui proposta pode ser uma maneira de professores formadores contribuírem mais efetivamente para uma educação ampla de FP. Uma outra possibilidade seria propor isso no PRP pois, como tal programa se desenvolve em 18 meses, isto seria o equivalente a cursar três disciplinas ao longo de três semestres.

Ainda pensando na divisão da disciplina, assim como Lima, Ibraim e Santos (2021), salientamos que o ensino de NdC no Ensino Superior não deve ocorrer apenas em uma disciplina e a partir de uma única abordagem de ensino, visto que elas são complementares (como apontam ALLCHIN; ANDERSEN; NIELSEN, 2014; KHISHFE, 2022). Assim sendo, é fundamental que FP de Ciências vivenciem discussões *sobre* Ciências ao longo de toda sua formação, ou seja, tanto nas disciplinas que abordam os conteúdos científicos, quanto naquelas voltadas para a área de Educação, que tratam também dos CPed. Caso contrário, dificilmente eles irão mobilizar e/ou desenvolver PCK para NdC. À vista disso, conclamo formadores de professores a agir como pretendo em minha futura carreira

acadêmica, isto é, a não apenas propor disciplinas que possibilitem tais vivências aos FP, mas também conscientizar os colegas da importância dessas vivências e motivá-los a, na medida do possível, integrar discussões como as que foram feitas ao longo desta Tese em suas disciplinas que abordam conteúdos científicos, por exemplo, pensando na nossa área base de formação, conteúdos químicos.

### 7.2.3 Implicações pessoais

Para concluir esta Tese, eu não poderia deixar de retomar o que apresentei em seu início. Ao relatar parte de meu percurso formativo, dividi com os leitores algumas das perguntas que me fiz ao longo dele e que me moveram e me fizeram chegar até aqui: será mesmo que eu estou contribuindo, enquanto pessoa, professora e pesquisadora, para promoção e alcance de uma educação científica autêntica inserindo estudantes do Ensino Médio em tais situações de ensino? Se sim, em que extensão? Refletindo muito sobre tais perguntas, havia chegado à conclusão de que sim, eu estava contribuindo, mas que minhas ações estavam restritas apenas às turmas nas quais eu lecionava ou às turmas nas quais eu coletei dados (como ocorreu no Mestrado).

Depois, influenciada tanto pela pesquisa quanto pela docência, mais especificamente pelas minhas experiências no Ensino Superior, percebi que minha contribuição poderia ser ampliada para um outro nível de ensino. Ao promover uma educação científica autêntica que contemplasse estudantes do Ensino Superior, minhas ações poderiam não ficar restritas apenas às turmas de estudantes do curso de Licenciatura em Química em que eu estagiei (ao longo do Mestrado e do Doutorado) ou coletei dados (no Doutorado) ou às turmas para as quais eu vier a lecionar. Dado que tais estudantes serão FP de Química, acreditava que eles poderiam vir a ser multiplicadores de minhas ações. No entanto, como apontado anteriormente, isso dependeria do envolvimento deles, por exemplo, no planejamento e na condução de situações de ensino que vão ao encontro das perspectivas de educação defendidas nesta Tese. Em linhas gerais, é essencial que FP de Química acreditem na importância de promover uma educação científica autêntica, que contribua para uma educação para a cidadania global, definam os objetivos de aprendizagem de seus estudantes a partir de tais perspectivas, tenham conhecimentos necessários para promovê-las e estejam sempre abertos a novos conhecimentos a esses relacionados.

Isto posto, na última aula síncrona, ao me despedir dos FP, fiz uma retrospectiva da disciplina e agradei o envolvimento deles, assim como os de P1 e P2. Desta fala, destaco o seguinte trecho:

Eu gostaria de ressaltar que não foram só vocês que aprenderam, eu também pude aprender muito com vocês. E quando eu digo isso, falo como pessoa, professora e pesquisadora, pois, pra mim, não tem como desvincular uma coisa da outra. Quando eu propus, e ao ministrar esta disciplina juntamente com P1 e P2, essas três partes de mim se fizeram presentes o tempo todo, mas eu não posso negar que em alguns momentos a pesquisadora se fez mais presente. Isto era de se esperar porque, como todos vocês sabem, esta disciplina foi pensada e proposta pra que eu coletasse os dados do meu Doutorado. Ao longo dela, todas as minhas questões de pesquisa foram respondidas e outras ainda poderão ser levantadas. Eu obtive dados maravilhosos e que vão muito além da Tese que eu tenho que redigir. Porém, vocês não pararam por aí. Além de contribuírem para a discussão de todas as minhas questões de pesquisa, vocês responderam também uma questão muito particular e que há muito tempo me afligia, e que não é novidade para P1 e P2, pois, provavelmente, eu já devo ter comentado sobre isso com elas. Quem me conhece sabe que eu sempre fui muito envolvida com a área de Educação e que eu tive oportunidades e experiências incríveis no contexto da Educação Básica. Mesmo em escolas públicas e de periferias, eu sempre consegui fazer muitas coisas, pois os estudantes “compravam” minhas ideias. E, escolher trilhar o percurso acadêmico, isto é, fazer Mestrado e Doutorado, é quase que o mesmo que escolher me afastar dessa realidade em um certo momento. Contudo, eu pensava que ao contribuir na formação de um FP eu poderia vir a contribuir na formação de vários outros estudantes. Ou seja, teria um alcance maior, uma vez que esse FP poderia se tornar um multiplicador. Tudo isso acalmava meu coração, mas eu ainda pensava: “será que eu vou sentir com uma turma do Ensino Superior a mesma satisfação que eu sinto com os estudantes do Ensino Médio? Será que eles também vão ‘comprar’ as minhas ideias? A Licenciatura, por exemplo, na maioria das vezes é no noturno, e o estudante trabalha o dia inteiro, está cansado, são várias variáveis... é muito complexo”. E vocês me responderam tudo isso. Muito obrigada mesmo! Pra mim, foi uma experiência incrível e que eu vou levar sempre comigo. Eu sei que nem sempre vai ser assim, mas agora eu sei que é possível! Muito obrigada!

Nesta fala, busquei expressar que, a partir dessa experiência, eu pude ter mais certeza sobre atuar como professora formadora, assim como desenvolver um autoconhecimento da pessoa, professora e pesquisadora que fui, sou e desejo ser. Então, retomando o trecho que escolhi usar na epígrafe desta Tese: “uma menina (Alice)” seria eu; “uma história” seria a minha; “iniciando uma aventura” seria percorrendo meu percurso formativo; o “coelho” representa minhas perguntas; e a “toca” o mundo real. Assim, temos a versão da Monique no mundo real, vivendo uma vida real e com pessoas

reais. Eu sempre soube que não seria fácil seguir tal coelho, isto é, me mover a partir de tais perguntas, mas eu não sabia o quão difícil seria, e eu digo isto não pela pesquisa em si (que aqui representa a ilusão/fábula), mas sim pelas condições nas quais esta pesquisa foi desenvolvida – em meio a uma pandemia e a um desgoverno para o qual uma educação para cidadania global não se mostrou prioridade (a realidade nua e crua).

Apesar de o percurso ter sido árduo (em todos os sentidos possíveis), valeu a pena ter seguido o coelho até a sua toca, tendo em vista principalmente a pessoa que me tornei ao final dessa história (não que ela acabe aqui, mas espero poder escrever uma nova história ao encerrar este ciclo). Portanto, não posso deixar de citar Guimarães Rosa para concluir que “o que a vida quer da gente é coragem”, pois é preciso coragem para fazer perguntas, para se mover a partir delas e para empreender uma busca dinâmica e constante de respostas e de novas perguntas...

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. Improving science teachers' conceptions of nature of science: A critical review of the literature. **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 7, p. 665-701, 2000.
- ABELSON, P. H. Scientific communication. **Science**, v. 209, n. 4452, p. 60-62, 1980.
- AKERSON, V. L.; ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. Influence of a Reflective Explicit Activity-Based Approach on Elementary Teachers' Conceptions of Nature of Science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 37, n. 4, p. 295-317, 2000.
- AKERSON, V. L.; PONGSANON, K.; ROGERS, M.; CARTER, I. *et al.* Exploring the Use of Lesson Study to Develop Elementary Preservice Teachers' Pedagogical Content Knowledge for Teaching Nature of Science. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 15, n. 2, p. 293-312, 2017.
- ALLCHIN, D. Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. **Science Education**, v. 95, n. 3, p. 518-542, 2011.
- \_\_\_\_\_. **Teaching the Nature of Science: Perspectives & Resources**. Saint Paul: SHiPS Educational Press, 2013.
- \_\_\_\_\_. From Science Studies to Scientific Literacy: A View from the classroom. **Science & Education**, v. 23, n. 9, p. 1911-1932, 2014.
- \_\_\_\_\_. Beyond the Consensus View: Whole Science. **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education**, v. 17, n. 1, p. 18-26, 2017.
- ALLCHIN, D.; ANDERSEN, H. M.; NIELSEN, K. Complementary Approaches to Teaching Nature of Science: Integrating Student Inquiry, Historical Cases, and Contemporary Cases in Classroom Practice. **Science Education**, v. 98, n. 3, p. 461-486, 2014.
- ALMEIDA, B. **Análise de Casos Históricos da Ciência Estudados sob a Perspectiva da Ciência em Construção para Favorecer Reflexões por parte de Licenciandos sobre Natureza da Ciência**. 2019. (Dissertação de Mestrado) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/30699/1/Disserta%0c3%0a7%0c3%0a3o-BCAlmeida-ABNT.pdf>.
- ALMEIDA, B.; SANTOS, M.; JUSTI, R. Aspects and Abilities of Science Literacy in the Context of Nature of Science Teaching. **Science & Education**, v. 32, n. 3, p. 567-587, 2023.
- ALONZO, A. C.; BERRY, A.; NILSSON, P. Unpacking the Complexity of Science Teachers' PCK in Action: Enacted and Personal PCK. *In*: HUME, A.; COOPER, R., *et al.* (Ed.). **Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science**. Singapore: Springer, 2019. p. 271-286.
- ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O Método nas Ciências Naturais e Sociais: Pesquisa quantitativa e qualitativa**. São Paulo: Pioneira, 1999.

ARCHER, L.; DEWITT, J.; OSBORNE, J.; DILLON, J. *et al.* “Doing” science versus “being” a scientist: Examining 10/11-year-old schoolchildren's constructions of science through the lens of identity. **Science Education**, v. 94, n. 4, p. 617-639, 2010.

AYDIN, S.; DEMIRDÖĞEN, B.; MUSLU, N.; HANUSCIN, D. L. Professional Journals as a Source of PCK for Teaching Nature of Science: An Examination of Articles Published in The Science Teacher (TST) (an NSTA Journal), 1995–2010. **Journal of Science Teacher Education**, v. 24, n. 6, p. 977-997, 2013.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BAYIR, E.; ÇAKICI, Y.; ERTAS, O. Exploring Natural and Social Scientists' Views of Nature of Science. **International Journal of Science Education**, v. 36, n. 8, p. 1286-1312, 2014.

BEKTAS, O.; EKİZ, B.; TUYSUZ, M.; KUTUCU, E. S. *et al.* Pre-service chemistry teachers' pedagogical content knowledge of the nature of science in the particle nature of matter. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 14, n. 2, p. 201-213, 2013.

BELEI, R. A.; GIMENIZ-PASCHOAL, S. R.; NASCIMENTO, E. N.; MATSUMONO, P. H. V. R. O Uso de Entrevista, Observação e Videogravação em Pesquisa Qualitativa. **Cadernos de Educação**, n. 30, p. 187-199, 2008.

BERRY, A.; LOUGHRAN, J.; VAN DRIEL, J. H. Revisiting the Roots of Pedagogical Content Knowledge. **International Journal of Science Education**, v. 30, n. 10, p. 1271-1279, 2008.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação Qualitativa em Educação**. Porto: Porto Editora, 1994.

BROSSARD, D.; LEWENSTEIN, B. V. A Critical Appraisal of Models of Public Understanding of Science: Using Practice to Inform Theory. *In*: KAHLOR, L. and STOUT, P. (Ed.). **Communicating Science: New agendas in communication**. New York: Routledge, 2009. p. 25-53.

BUCCHI, M.; TRENCH, B. Science communication research: Themes and challenges. *In*: BUCCHI, M. and TRENCH, B. (Ed.). **Routledge Handbook of Public Communication of Science and Technology**. London: Routledge, 2014. p. 1-14.

BUGINGO, J. B.; YADAV, L. L.; MUGISHA, I. S.; MASHOOD, K. K. Improving Teachers' and Students' Views on Nature of Science Through Active Instructional Approaches: A Review of the Literature. **Science & Education**, 2022.

ÇAKICI, Y.; BAYIR, E. Developing Children's Views of the Nature of Science through Role Play. **International Journal of Science Education**, v. 34, n. 7, p. 1075-1091, 2012.

CARLSON, J.; DAEHLER, K. R. The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education. *In*: HUME, A.; COOPER, R., *et al.* (Ed.). **Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science**. Singapore: Springer, 2019. p. 77-92.

CARVALHO, N. L. L. **História e Natureza da Ciência no Ensino de Química: O desenvolvimento da catálise e as contribuições de Wilhelm Ostwald**. 2021. (Trabalho de Conclusão de Curso) - Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

- CASTELFRANCHI, Y. Para além da tradução: o jornalismo científico crítico na teoria e na prática. *In*: MASSARANI, L. e POLINO, C. (Ed.). **Jornadas Iberoamericanas sobre la ciencia en los medios masivos: Los desafíos y la evaluación del periodismo científico em Iberoamerica**: AECI, RICYT, CYTED, SciDevNet, OEA, 2008. p. 10-20.
- CHAN, K. K. H.; HUME, A. Towards a Consensus Model: Literature Review of How Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge is Investigated in Empirical Studies. *In*: HUME, A.; COOPER, R., *et al.* (Ed.). **Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science**. Singapore: Springer, 2019. p. 3-76.
- COHEN, L.; MANION, L.; MORRISON, K. Validity and reliability. *In*: COHEN, L.; MANION, L., *et al.* (Ed.). **Research Methods in Education**. London and New York: Routledge, 2007. p. 133-164.
- DEMIRDÖĞEN, B.; HANUSCIN, D. L.; UZUNTIRYAKI-KONDAKÇI, E.; KÖSEOĞLU, F. Development and Nature of Preservice Chemistry Teachers' Pedagogical Content Knowledge for Nature of Science. **Research in Science Education**, v. 46, n. 4, p. 575-612, 2016.
- DEMIRDÖĞEN, B.; UZUNTIRYAKI-KONDAKÇI, E. Closing the gap between beliefs and practice: Change of pre-service chemistry teachers' orientations during a PCK-based NOS course. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 17, n. 4, p. 818-841, 2016.
- DENG, F.; CHEN, D.-T.; TSAI, C.-C.; CHAI, C. S. Students' views of the nature of science: A critical review of research. **Science Education**, v. 95, n. 6, p. 961-999, 2011.
- DRIVER, R.; LEACH, J.; MILLAR, R.; SCOTT, P. **Young people's images of science**. Buckingham: Open University Press, 1996.
- DURUK, Ü. Influence of a Socially-Mediated Contextual Professional Development Program on Prospective Science Teachers' Understandings of Nature of Science, and Integrating It into Their Instructional Planning. **International Online Journal of Education and Teaching**, v. 7, n. 3, p. 912-943, 2020.
- ERDURAN, S.; DAGHER, Z. R. **Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education: Scientific Knowledge, Practices and Other Family Categories**. Dordrecht: Springer, 2014.
- ERDURAN, S.; DAGHER, Z. R.; MCDONALD, C. V. Contributions of the Family Resemblance Approach to Nature of Science in Science Education: A Review of Emergent Research and Development. **Science & Education**, v. 28, n. 3, p. 311-328, 2019.
- FAIKHAMTA, C. The Development of In-Service Science Teachers' Understandings of and Orientations to Teaching the Nature of Science within a PCK-Based NOS Course. **Research in Science Education**, v. 43, n. 2, p. 847-869, 2013.
- FRANCO, L. G. **Ciência em contexto: propostas para construir espaços-tempo de ciência na escola**. São Paulo: Na Raiz, 2021.
- FRIEDRICHSEN, P.; VAN DRIEL, J. H.; ABELL, S. K. Taking a closer look at science teaching orientations. **Science Education**, v. 95, n. 2, p. 358-376, 2011.
- GALIAZZI, M. C.; MORAES, R. Educação pela pesquisa como modo, tempo e espaço de qualificação da formação de professores de ciências. **Ciência & Educação**, v. 8, n. 2, p. 237-252, 2002.

GESS-NEWSOME, J. A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of the thinking from the PCK Summit. *In*: BERRY, A.; FRIEDRICHSEN, P., *et al.* (Ed.). **Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education**. New York: Routledge, 2015. p. 28-42.

GILBERT, J. Models and Modelling: Routes to More Authentic Science Education. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 2, n. 2, p. 115-130, 2004.

GILBERT, J.; JUSTI, R. **Modelling-based Teaching in Science Education**. Cham: Springer International, 2016.

GROSSMAN, P. L. **The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education**. New York: Teacher College Press, 1990.

HANUSCIN, D. L. Critical Incidents in the Development of Pedagogical Content Knowledge for Teaching the Nature of Science: A Prospective Elementary Teacher's Journey. **Journal of Science Teacher Education**, v. 24, n. 6, p. 933-956, 2013.

\_\_\_\_\_. Professional Journals as a Source of Information about Teaching NOS: An Examination of Articles Published in *Science & Children*, 1996-2010. **Science Education International**, v. 25, n. 4, p. 396-416, 2014.

HÖTTECKE, D.; ALLCHIN, D. Reconceptualizing nature-of-science education in the age of social media. **Science Education**, v. 104, n. 4, p. 641-666, 2020.

IRZIK, G.; NOLA, R. A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education. **Science & Education**, v. 20, n. 7, p. 591-607, 2011.

\_\_\_\_\_. New Directions for Nature of Science Research. *In*: MATTHEWS, M. R. (Ed.). **International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching**. Dordrecht: Springer, 2014. p. 999-1021.

\_\_\_\_\_. Revisiting the Foundations of the Family Resemblance Approach to Nature of Science: Some New Ideas. **Science & Education**, 2022.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; DUSCHL, R. Epistemic Practices and Scientific Practices: Theoretical and Educational Challenges. *In*: 11th Conference of the European Science Education Research Association, 2015, Helsinki, Finland.

JUSTI, R. Celebrating the life of John Kenward Gilbert. **International Journal of Science Education**, v. 42, n. 4, p. 493-503, 2020.

JUSTI, R.; ERDURAN, S. Characterizing Nature of Science: A supporting model for teachers. *In*: Conference of the International History, Philosophy, and Science Teaching Group, 2015, Rio de Janeiro, Brazil.

JUSTI, R.; MAIA, P.; SANTOS, M. Science Education for Citizenship: Contributions from knowledge of and about science in the context of the COVID-19 pandemic. *In*: DILLON, J. and WATTS, M. (Ed.). **Debates in Science Education**. London: Routledge, 2022. p. 73-84.

JUSTI, R.; SANTOS, M.; ELYSEU, G. Relating Science Communication to Nature of Science. *In*: 14th Conference of the European Science Education Research Association, 2021, Braga, Portugal.

KHISHFE, R. Improving Students' Conceptions of Nature of Science: A Review of the Literature. **Science & Education**, 2022.

KNUUTTILA, T. Science in a New Mode: Good Old (Theoretical) Science Versus Brave New (Commodified) Knowledge Production? **Science & Education**, v. 22, n. 10, p. 2443-2461, 2013.

KRAJEWSKI, S. J.; SCHWARTZ, R. S. A Community College Instructor's Reflective Journey Toward Developing Pedagogical Content Knowledge for Nature of Science in a Non-majors Undergraduate Biology Course. **Journal of Science Teacher Education**, v. 25, n. 5, p. 543-566, 2014.

LABINGER, J. A.; COLLINS, H. M. **The one culture? A conversation about science**. London: University of Chicago Press, 2001.

LARAIA, R. B. **Cultura: Um Conceito Antropológico**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1986.

LEDERMAN, N. G. Syntax of Nature of Science within Inquiry and Science Instruction. *In*: FLICK, L. B. and LEDERMAN, N. G. (Ed.). **Scientific Inquiry and Nature of Science**. Dordrecht: Springer, 2006. p. 301-317.

LEDERMAN, N. G.; ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R. L.; SCHWARTZ, R. S. Views of Nature of Science Questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 39, n. 6, p. 497-521, 2002.

LEROY, M. Madame Curie. Estados Unidos, 1943.

LIMA, M. M. **Análise de Visões sobre Ciência: Um estudo de caso sobre as visões de uma professora de Química em formação inicial**. 2020. (Trabalho de Conclusão de Curso) - Instituto de Química, Universidade de Brasília, Brasília.

LIMA, M. M.; IBRAIM, S. S.; SANTOS, M. Análise de Aspectos de Natureza da Ciência Expressos por uma Professora em Formação Inicial no Contexto de uma Disciplina de História da Química. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 23, n. u, p. 1-19, 2021.

LONGNECKER, N. An integrated model of science communication - More than providing evidence. **Journal of Science Communication**, v. 15, n. 5, p. 1-13, 2016.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação: Abordagens qualitativas**. São Paulo: Editora Pedagógica Universitária, 2011.

MAGNUSSON, S.; KRAJCIK, J.; BORKO, H. Nature, Sources, and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. *In*: J., G.-N. and LEDERMAN, N. G. (Ed.). **Examining Pedagogical Content Knowledge: The Construct and its Implications for Science Education**. Dordrecht: Springer, 1999. p. 95-132.

MAIA, P.; JUSTI, R.; SANTOS, M. Aspects About Science in the Context of Production and Communication of Knowledge of COVID-19. **Science & Education**, v. 30, n. 5, p. 1075-1098, 2021.

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

MASEKO, B.; KHOZA, H. C. Exploring the Influence of Science Teaching Orientations on Teacher Professional Knowledge Domains: A Case of Five Malawian Teachers. **EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, v. 17, n. 12, p. 1-17, 2021.

MATTHEWS, M. R. Changing the Focus: From Nature of Science (NOS) to Features of Science (FOS). *In*: KHINE, M. (Ed.). **Advances in Nature of Science Research**. Dordrecht: Springer, 2012. p. 3-26.

MAVHUNGA, E.; ROLLNICK, M. Improving PCK of Chemical Equilibrium in Pre-service Teachers. **African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education**, v. 17, n. 1-2, p. 113-125, 2013.

MCCOMAS, W. F. Principal Elements of Nature of Science: Informing Science Teaching while Dispelling the Myths. *In*: MCCOMAS, W. F. (Ed.). **Nature of Science in Science Instruction: Rationales and Strategies**. Switzerland: Springer, 2020. p. 35-65.

MCCOMAS, W. F.; CLOUGH, M. P.; NOURI, N. Nature of science and classroom practice: A review of the literature with implications for effective NOS instruction. *In*: MCCOMAS, W. F. (Ed.). **Nature of Science in Science Instruction: Rationales and Strategies**. Switzerland: Springer, 2020. p. 67-111.

MENON, D.; SINHA, S. Professional Journals as a Source of Information about Teaching Nature of Science: An Examination of Articles Published in the Journal of College Science Teaching, 1996-2012. **Electronic Journal of Science Education**, v. 17, n. 3, p. 1-23, 2013.

MESCI, G. The Influence of PCK-Based NOS Teaching on Pre-service Science Teachers' NOS Views. **Science & Education**, v. 29, n. 3, p. 743-769, 2020.

MESCI, G.; SCHWARTZ, R. S.; PLEASANTS, B. Enabling Factors of Preservice Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge for Nature of Science and Nature of Scientific Inquiry. **Science & Education**, v. 29, n. 2, p. 263-297, 2020.

MILLAR, R.; OSBORNE, J. **Beyond 2000: Science education for the future**. London: King's College and London School of Education, 1998.

NIELSEN, K. Scientific Communication and the Nature of Science. **Science & Education**, v. 22, n. 9, p. 2067-2086, 2013.

OLIVEIRA, L. **Conhecimentos Profissionais Docentes Manifestados em Contextos de Educação Científica Fundamentada em Modelagem: Estudo de Caso da Prática de uma Professora Formadora da Área de Educação Química**. 2022. (Tese de Doutorado) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/43800>.

OLIVEIRA, L.; SANTOS, M.; FRANCO, L. G.; JUSTI, R. Contextualização no Ensino de Química: Conexões estabelecidas por um professor ao discutir uma questão do ENEM em sala de aula. **Ciência & Educação**, v. 26, n. u, p. 1-17, 2020.

OLIVEIRA, M. M. **Como fazer pesquisa qualitativa**. Petrópolis: Vozes, 2010.

OSBORNE, J.; COLLINS, S.; RATCLIFFE, M.; MILLAR, R. *et al.* What "ideas-about-science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 40, n. 7, p. 692-720, 2003.

PARK, S.; CHEN, Y. Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): Examples from high school biology classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 49, n. 7, p. 922-941, 2012.

PARK, S.; OLIVER, S. Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. *Research in Science Education*, v. 38, n. 3, p. 261-284, 2008.

POLINO, C.; CASTELFRANCHI, Y. The 'Communicative Turn' in Contemporary Techno-science: Latin American Approaches and Global Tendencies. *In: SCHIELE, B.; CLAESSENS, M., et al. (Ed.). Science Communication in the World: Practices, Theories and Trends*. Dordrecht: Springer, 2012. p. 3-17.

ROBERTS, D. A. Competing Visions of Scientific Literacy: The influence of a science curriculum policy image. *In: LINDER, C.; ÖSTMAN, L., et al. (Ed.). Exploring the Landscape of Scientific Literacy*. New York and London: Routledge, 2011. p. 11-27.

SANTOS, M. **O Uso da História da Ciência como Estratégia para o Ensino de Química: Estudo de caso sobre a técnica de fermentação utilizada pelos antigos egípcios**. 2015. (Trabalho de Conclusão de Curso) - Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

\_\_\_\_\_. Uso da História da Ciência para Favorecer a Compreensão de Estudantes do Ensino Médio sobre Ciência. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 18, n. 2, p. 641-668, 2018.

\_\_\_\_\_. **Compreendendo Visões de Estudantes sobre Ciências e suas Relações com o Ensino Fundamentado em Modelagem em Contextos Cotidiano, Científico e Sociocientífico**. 2019. (Dissertação de Mestrado) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. Disponível em: [https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-BBLJX2/1/disserta\\_o\\_monique\\_santos.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-BBLJX2/1/disserta_o_monique_santos.pdf).

SANTOS, M.; JUSTI, R. Utilização de História da Ciência no Ensino Visando o Aprendizado de Natureza da Ciência. *In: XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2017, Florianópolis, Brasil.

\_\_\_\_\_. Uma Proposta para o Ensino de Natureza da Ciência Pautada na Perspectiva do Ensino Funcional. *In: 4ª Conferência Latino-Americana do International History, Philosophy and Science Teaching Group*, 2018, Santo André, Brasil.

\_\_\_\_\_. Inserção e Discussão de Aspectos de Natureza da Ciência em uma Situação de Ensino Fundamentado em Modelagem. *In: 2º Encontro de Ensino de Ciências por Investigação*, 2020, Belo Horizonte, Brasil.

\_\_\_\_\_. A análise de um caso contemporâneo em aulas de Ciências. *In: FRANCO, L. G. (Ed.). Ciência em contexto: propostas para construir espaços-tempos de ciência na escola*. São Paulo: Na Raiz, 2021a. p. 190-198.

\_\_\_\_\_. Educação em Ciências a partir da elaboração de modelos pelos estudantes. *In: FRANCO, L. G. (Ed.). Ciência em contexto: propostas para construir espaços-tempos de ciência na escola*. São Paulo: Na Raiz, 2021b. p. 149-171.

\_\_\_\_\_. Students' Functional Understanding of Nature of Science: Report of a film-based teaching activity. *In: 16th Biennial IHPST Conference*, 2022, Calgary, Canadá.

SANTOS, M.; JUSTI, R.; ALMEIDA, B. Um caso histórico sobre a vida de Marie Curie. *In: FRANCO, L. G. (Ed.). Ciência em contexto: propostas para construir espaços-tempos de ciência na escola.* São Paulo: Na Raiz, 2021. p. 172-189.

SANTOS, M.; JUSTI, R.; CARVALHO, M. E. M. D. O Uso da História da Ciência como Estratégia para o Ensino de Química. *In: III Simpósio Mineiro de Educação Química,* 2015, Juiz de Fora, Brasil.

SANTOS, M.; MAIA, P.; JUSTI, R. Um Modelo de Ciências para Fundamentar a Introdução de Aspectos de Natureza da Ciência em Contextos de Ensino e para Analisar tais Contextos. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências,* v. 20, n. u, p. 581-616, 2020.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização Científica: Uma Revisão Bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências,* v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.

SCHWARTZ, R. S.; LEDERMAN, N. G. "It's the nature of the beast": The influence of knowledge and intentions on learning and teaching of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching,* v. 39, n. 3, p. 205-236, 2002.

SHULMAN, L. S. Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher,* v. 15, n. 2, p. 4-14, 1986.

\_\_\_\_\_. Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review,* v. 57, n. 1, p. 1-23, 1987.

\_\_\_\_\_. PCK: Its genesis and exodus. *In: BERRY, A.; FRIEDRICHSEN, P., et al. (Ed.). Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education.* New York: Routledge, 2015. p. 3-13.

SILVA, E. C. **Análise do PCK de Professores no Planejamento de Atividades de Ensino com Foco em Natureza da Ciência.** 2022. (Dissertação de Mestrado Profissional) - Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Federal de Viçosa, Florestal.

SILVA, W. V. M.; SILVA, E. C.; MAIA, P.; GONÇALVES, E. C. Análise de aspectos de natureza da ciência na minissérie Chernobyl e considerações sobre o uso da minissérie no ensino de ciências. *Revista Brasileira de História da Ciência,* v. 15, n. 2, p. 541-569, 2022.

SIQUEIRA, E. C. P. **A Inserção e Discussão de Aspectos de Natureza da Ciência em Sala de Aula a partir do Filme O Menino que Descobriu o Vento.** 2019. (Trabalho de Conclusão de Curso) - Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SIQUEIRA, E. C. P.; SANTOS, M.; CORRÊA, R. Introdução de aspectos de natureza da ciência no planejamento de situações diferenciadas de ensino de ciências. **#Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia,** v. 9, n. 2, p. 1-17, 2020.

\_\_\_\_\_. Introdução de Aspectos de Natureza da Ciência a partir de um Filme. *In: 20º Encontro Nacional de Ensino de Química,* 2021a, Pernambuco, Brasil.

\_\_\_\_\_. A introdução de aspectos de Natureza da Ciência em contextos de ensino a partir de um filme. *In: FRANCO, L. G. (Ed.). Ciência em contexto: propostas para construir espaços-tempos de ciência na escola.* São Paulo: Na Raiz, 2021b. p. 121-148.

STAKE, R. E. Case studies. *In*: DENZIN, N. K. and LINCOLN, Y. S. (Ed.). **Handbook of Qualitative Research**. London: Sage, 2000. p. 435-454.

UNESCO. **Educação para a cidadania global: tópicos e objetivos de aprendizagem**. Brasília: UNESCO, 2016.

WEINSTEIN, M. Finding science in the school body: Reflections on transgressing the boundaries of science education and the social studies of science. **Science Education**, v. 92, n. 3, p. 389-403, 2008.

WONG, S. L.; HODSON, D. More from the Horse's Mouth: What scientists say about science as a social practice. **International Journal of Science Education**, v. 32, n. 11, p. 1431-1463, 2010.

WYNNE, B. Public Understanding of Science. *In*: JASANOFF, S.; MARKLE, G. E., *et al.* (Ed.). **Handbook of Science and Technology Studies**. London: Sage, 1995. p. 361-388.

YACOUBIAN, H. A. A Framework for Guiding Future Citizens to Think Critically About Nature of Science and Socioscientific Issues. **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education**, v. 15, n. 3, p. 248-260, 2015.

## APÊNDICE A – Cronograma Final da Disciplina Optativa “Ensinando Química a partir de Visões Contemporâneas: Da Teoria à Prática”

Nº. Aulas	Datas	Atividades
<i>Etapa 1</i>		
01-04	06/03	Questionário Inicial: Perfil do Futuro Professor. Apresentação da disciplina. Explicações sobre a pesquisa e assinatura do TCLE. Explicações sobre a Atividade: Portfólios. Atividade 1: Visão Inicial <i>sobre</i> Ciências. Atividade 2: Mumificação é ou não Ciência? Discussão da Atividade 2.
		Em casa – Individualmente: Portfólio 1.
<i>Etapa 2</i>		
05-08	13/03	Atividade 3 – Parte A: Construindo o conhecimento de uma maneira diferente. Socialização dos modelos. Atividade 3 – Parte B: Testando nossos modelos. Socialização dos resultados obtidos após testar os modelos. Atividade 3 – Parte C: Utilizando o modelo em outra situação. Discussão da atividade.
		Em casa – Individualmente: Portfólio 2A.
<b>SUSPENSÃO DAS AULAS OCACIONADA PELA PANDEMIA</b>		
-	Até 31/07	Envio de instruções gerais para primeira reunião on-line em 07/08.
09-12	07/08	On-line: discussão de dúvidas sobre mudanças no planejamento da disciplina e dinâmica das aulas. Síntese das aulas anteriores. Explicações sobre a Atividade 4 – Parte A: Caso Histórico Marie Curie.
		Material enviado: vídeos e quadro da Atividade 4 – Parte A.
		Em casa – Individualmente: Atividade 4 – Parte A.
		Material a ser enviado pelos FP: quadro preenchido; via e-mail até quarta-feira, 12/08.

(continua)

Nº. Aulas	Datas	Atividades
13-16	14/08	<p>On-line: discussão da Atividade 4 – Parte A (apresentação e discussão da síntese dos registros feitos pelos FP).</p> <p>Explicações sobre a Atividade 4 – Parte B: Caso Histórico Marie Curie.</p> <p>Explicações sobre a Atividade 5 – Parte A: Caso Contemporâneo – Rompimento da Barragem de Rejeitos B1 da Mina do Córrego do Feijão em Brumadinho/MG.</p>
		<p>Material enviado imediatamente após a aula on-line: questões da Atividade 4 – Parte B.</p>
		<p>Em casa – Individualmente: Atividade 4 – Parte B (fazer imediatamente após a aula on-line).</p>
		<p>Material enviado: questionamentos da Atividade 5 – Parte A.</p>
		<p>Em casa – Individualmente: Atividade 5 – Parte A.</p>
		<p>Material a ser enviado pelos FP:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• respostas da Atividade 4 – Parte B; via e-mail após a aula on-line;</li> <li>• Portfólio 2B (A4 – Partes A e B); via e-mail até terça-feira, 18/08;</li> <li>• texto da Atividade 5 – Parte A; via e-mail até quarta-feira, 19/08.</li> </ul>
17-20	21/08	<p>On-line: destaques sobre as Atividade 4 – Parte B e Atividade 5 – Parte A.</p> <p>Explicações sobre a Atividade 5 – Parte B: Caso Contemporâneo – Rompimento da Barragem de Rejeitos B1 da Mina do Córrego do Feijão em Brumadinho/MG.</p>
		<p>Material enviado: comando da Atividade 5 – Parte B.</p>
		<p>Em casa – Em grupos: Atividade 5 – Parte B. (Solicitar gravação das discussões dos grupos com relação à definição dos argumentos a serem utilizados.)*</p>
21-24	28/08	<p>Em casa – Em grupos: Atividade 5 – Parte B. (Solicitar gravação das discussões dos grupos com relação à definição dos argumentos a serem utilizados.)*</p>
		<p>Material a ser enviado pelos grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• gravação das discussões com relação à definição dos argumentos; via e-mail até segunda-feira, 31/08;</li> <li>• argumentos a serem utilizados; via e-mail até segunda-feira, 31/08.</li> </ul>

(continua)

Nº. Aulas	Datas	Atividades
25-28	04/09	On-line: discussão da Atividade 5 – Parte B (apresentações – Grupos 1, 2 e 3). Explicações sobre a Atividade 6: <i>Visão sobre Ciências</i> neste Momento. Explicações sobre a Atividade 7: Leitura e Discussão sobre o Artigo do MoCEC v.2.
		Material enviado imediatamente após a aula on-line: link da Atividade 6.
		Em casa – Individualmente: Atividade 6 (fazer imediatamente após a aula on-line).
		Material enviado: link do artigo do MoCEC v.2.
		Em casa – Individualmente: Atividade 7.
		Material a ser enviado pelos FP: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Portfólio 2C (A5, Partes A e B + A6); via e-mail até terça-feira, 08/09;</li> <li>• perguntas/dúvidas e comentários/reflexões sobre o artigo do MoCEC v.2; via e-mail até quarta-feira, 09/09.</li> </ul>
29-32	11/09	On-line: destaques sobre as Atividade 5 – Parte B e Atividade 6. Discussão das perguntas/dúvidas sobre o artigo do MoCEC v.2. Explicações sobre a Atividade 8: Pensando na Sala de Aula: Proposição e Justificativas de uma Atividade de Ensino.
		Material enviado: comando da Atividade 8.
<i>Etapa 3</i>		
33-36 37-40 41-44 45-48	18/09	Em casa – Em grupos: Atividade 8. (Solicitar gravação das discussões dos grupos com relação à escolha e justificativa dos aspectos a serem introduzidos.)*
	25/09	Material a ser enviado pelos grupos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• gravação das discussões com relação à escolha e justificativa dos aspectos a serem introduzidos.); via e-mail até sexta-feira, 09/10;</li> <li>• proposta de atividade; via e-mail até sexta-feira, 09/10.</li> </ul>
	02/10	
	09/10	Preparar e enviar material (slides) de apresentação da proposta de atividade (a ser utilizado pelo grupo na próxima aula); via e-mail até sexta-feira, 09/10. Observação: as propostas serão enviadas para os integrantes dos outros grupos para que os colegas possam analisá-las antes da próxima aula.
48-52	16/10	On-line: apresentação da proposta – Grupo 3.
		Em casa – Grupo 3: reformulação da proposta.
		Material a ser enviado pelo Grupo 3: proposta reformulada e Portfólio 3 (A8); via e-mail até quarta-feira, 21/10.

(continua)

Nº. aulas	Datas	Atividades
53-56	23/10	On-line: apresentação da proposta – Grupo 2.
		Em casa – Grupo 2: reformulação da proposta.
		Material a ser enviado pelo Grupo 2: proposta reformulada e Portfólio 3 (A8); via e-mail até quarta-feira, 28/10.
57-60	30/10	On-line: apresentação da proposta – Grupo 1.
		Em casa – Grupo 1: reformulação da proposta.
		Material a ser enviado pelo Grupo 1: proposta reformulada e Portfólio 3 (A8); via e-mail até quarta-feira, 04/11.
<i>Etapa 4</i>		
61-64	06/11	On-line: explicações sobre a Atividade 9: Análise Crítica da Atividade 8 e Fechamento da Disciplina.
		Material enviado imediatamente após a aula on-line: link da Atividade 9.
		Em casa – Individualmente: Atividade 9 (fazer imediatamente após a aula on-line).

(continuação)

\* Qualquer dúvida deve ser discutida com as professoras e pesquisadora via e-mail ou, se necessário, por reuniões on-line previamente agendadas com cada grupo.

### Proposta de Avaliação

Atividades	Pontos
Questionário Inicial	3
Atividade 1	3,5
Atividade 2	5
Atividade 3 – Partes A, B e C	10
Atividade 4 – Partes A e B	10
Atividade 5 – Partes A e B	10
Atividade 6	3,5
Atividade 7	5
Atividade 8	20
Atividade 9	10
5 Portfólios (4 pontos cada)	20

## APÊNDICE B – Questionário Inicial: Perfil do Futuro Professor

1. Por que você escolheu fazer o curso de Química na modalidade Licenciatura?
2. a. Você já fez/faz Iniciação Científica, Iniciação à Docência ou participou/a de algum outro trabalho de pesquisa?

*Em caso de resposta afirmativa no item a:*

- b. Em que área você fez/faz Iniciação Científica, ou participou/a de algum outro trabalho de pesquisa? Ou, no caso de participar/ter participado de Iniciação à Docência, em que contexto isto aconteceu?
  - c. Em termos de sua formação profissional, quais foram suas experiências mais significativas na Iniciação Científica, trabalho de pesquisa ou na Iniciação à Docência? Justifique sua resposta.
3. a. Você já participou de algum evento científico (por exemplo, palestras, semana da Química, simpósios, congressos, workshops etc.)?

*Em caso de resposta afirmativa no item a:*

- b. Qual(is)?
  - c. O que motivou sua participação nesse(s) evento(s)?
  - d. Em termos de sua formação profissional, quais foram suas experiências mais significativas ao participar desse(s) evento(s)? Justifique sua resposta.
4. a. Enquanto futuro professor, você já atuou e/ou atua como professor designado/convocado na rede estadual de ensino e/ou professor contratado na rede privada?

*Em caso de resposta afirmativa no item a:*

- b. Em qual(is) rede(s)? Em qual(is) série(s)?
- c. Por quanto tempo você atuou e/ou atua nessa(s) rede(s) e série(s)?
- d. O que motivou sua atuação como professor nessa(s) rede(s) e série(s)?

- e. Em termos de sua formação como professor, quais foram suas experiências mais significativas ao atuar como professor nessa(s) rede(s) e série(s)? Justifique sua resposta.
5. Você já viveu outra(s) experiência(s) (por exemplo, estágios ou aulas particulares) que contribuiu(ram) para sua formação como professor? Identifique-a(s) e comente sobre como ela(s) contribuiu(ram) para isso.
  6. Na sua opinião, o que significa ser professor no século XXI?
  7. Na sua opinião, qual o papel de um bom professor de Química?
  8. Quais os maiores desafios que você já enfrentou, enfrenta e/ou espera enfrentar ao atuar como professor de Química?
  9. Em termos de conteúdo, o que você acha que um professor precisa saber para ser considerado um bom professor de Química? (Responda em termos gerais, procurando identificar diferentes tipos de conhecimentos e não uma lista de tópicos de conteúdos químicos).
  10. Ainda em termos de conteúdo, existe algum tipo de conhecimento que você não aprendeu ainda e que julga importante em sua formação como professor? Qual(is)?
  11. Que outros tipos de conhecimentos (não relacionados a conteúdo da área de Química) você acha que um professor de Química deve aprender no curso de Química na modalidade Licenciatura? Justifique porque você acha que cada um desses conhecimentos é importante.
  12. Se hoje você tivesse que planejar uma aula para o nível médio, que características teria a sua aula para que você a considerasse boa? Justifique cada uma das características identificadas.

## APÊNDICE C – Atividade 1: Visão Inicial *sobre* Ciências

1. Suponha que você tem um colega de outra área completamente diferente da Ciência e cujo único contato com esta área aconteceu na disciplina de Ciências durante a Educação Básica. Se você tivesse que explicar o que é Ciência e quais são seus principais objetivos para esse colega, o que diria? Quais aspectos enfatizaria para ajudar seu colega a desenvolver um bom entendimento *sobre* Ciências?
2. O que uma pessoa precisa aprender para que você considere que ela entende Ciências?
3. Como os cientistas decidem quais questões devem ser investigadas?
4. Por que cientistas fazem experimentos?
5. O que distingue conhecimentos científicos de conhecimentos não científicos?
6. Quais critérios são usados para distinguir um bom trabalho científico de outro que não é bom? Indique pelo menos três e justifique cada um deles.
7. Como os conflitos de ideia são resolvidos na Ciência? Por quê?
8. Como você acha que o conhecimento científico se desenvolve? Por quê?
9. Quais fatores influenciam no desenvolvimento e na utilização do conhecimento científico? Cite pelo menos três fatores e explique a influência exercida por eles no desenvolvimento e/ou na utilização do conhecimento científico.
10. O que você pensa *sobre* Ciências influencia sua visão sobre o ensino de Ciências? Como?

## APÊNDICE D – Atividade 2: Mumificação é ou não Ciência?

1. Leia o texto a seguir:

### O processo de mumificação no Antigo Egito

Os egípcios acreditavam em vários deuses (eram politeístas) e na vida após a morte. Por isto, inventaram o processo de mumificação para preservar o corpo de um indivíduo até que o espírito dele retornasse. Nesse contexto, eles iniciaram os estudos de anatomia humana (e animal) e descobriram várias substâncias químicas que ajudavam em tal processo.

Com relação ao processo de mumificação, os egípcios seguiam as seguintes etapas:

1ª Etapa – Retirar todas as vísceras do cadáver:

- Faziam um corte na altura do abdômen e, a partir disso, retiravam o coração, o fígado, o intestino, os rins, o pulmão, o estômago, a bexiga, o baço etc.;
- Colocavam o coração em um recipiente à parte e descartavam os demais órgãos;
- Colocavam um escaravelho (símbolo sagrado para os egípcios) no lugar do coração; e
- Injetavam via nasal uma substância de caráter ácido com o objetivo de “derreter” o cérebro e, dessa maneira, facilitavam a extração do material constituinte dele também via nasal.

2ª Etapa – Preparar o cadáver:

- Deixavam o corpo repousando durante 70 dias em um recipiente com água e sal com o objetivo de desidratá-lo e, além disso, matar as bactérias presentes nele;
- Colocavam o corpo no sol para secar; e
- Preenchiam o corpo tanto com serragem e ervas aromáticas para evitar a deterioração dele, quanto com alguns textos sagrados relacionados às suas crenças.

3ª Etapa – Enfaixar o cadáver:

- Passavam ataduras de linho branco ao redor do corpo e, para fixá-las, faziam uso de cola.

Após esse processo, o corpo era colocado em um sarcófago e abrigado no interior de uma pirâmide (caso se tratasse de um faraó) ou sepultado em um túmulo (mastaba – caso se tratasse de um nobre e/ou sacerdote).

De acordo com a religião egípcia, após a morte, o espírito de um indivíduo era guiado pelo deus Anúbis até o deus da imortalidade, Osíris, que o julgaria na presença de outros deuses. O coração de tal indivíduo era pesado por Anúbis em uma balança, que tinha como contrapeso uma pena (a pena da verdade – pertencente a deusa da verdade, Toth). Caso o coração fosse mais leve do que a pena, o espírito daquele indivíduo receberia a permissão para voltar e retomar o seu corpo. No entanto, para que tudo isso desse certo, o corpo de tal indivíduo precisaria estar em bom estado, por isso fazia-se o processo de mumificação. Caso o coração fosse mais pesado do que a pena, o espírito de tal indivíduo seria devorado por uma deusa com cabeça de jacaré, Amnut. Os egípcios acreditavam em deuses híbridos (antropozoomorfia – metade homem, metade animal).

2. Responda a seguinte questão justificando suas ideias de maneira mais completa possível:

A mumificação é ou não Ciência? Por quê?

## APÊNDICE E – Atividade: Portfólios

Elabore Portfólios (P) críticos-reflexivos que apresentem discussões e reflexões sobre os processos vivenciados durante o desenvolvimento de cada uma das etapas (E) (conjunto de atividades (A)) (exceto da última) e entregue-os ao final de cada uma delas. Portanto, ao final você deve ter elaborado 5 portfólios, sendo eles:

P1, referente à E1: A1 e A2;

P2A referente à E2: A3 (Partes A, B e C);

P2B referente à E2: A4 (Partes A e B);

P2C referente à E2: A5 (Partes A e B) + A6

P3, referente à E3: A8.

Para isso, sugerimos a seguinte estrutura:

**Nome:**

**Portfólio X – Etapa Y: Atividades Z**

**Período:** dia/mês/ano a dia/mês/ano (data de início e término da etapa – conjunto de atividades)

**Parte Descritiva:** nesta parte você deve descrever o que vivenciou (o que e como aconteceu) ao longo dessa etapa, ou seja, ao realizar cada uma das atividades propostas na etapa em questão.

**Parte Reflexiva:** nesta parte você deve refletir criticamente sobre o que você vivenciou (por exemplo, expectativas, dificuldades, questionamentos, impactos negativos e positivos, conclusões, entre outros) ao realizar cada uma das atividades constituintes da etapa. Esta é a parte mais importante do portfólio e deve ser a mais detalhada possível. Portanto, procure exemplificar suas ideias/dúvidas, relacionar ideias, justificar tudo o que for escrito, expressar realmente o que você pensa.

**Observação:** os portfólios serão avaliados considerando não o conteúdo do que você escrever, mas sim a presença das duas partes e o detalhamento da parte reflexiva.

## APÊNDICE F – Atividade 3 – Modelagem: Como Funciona um Controle Remoto?

### Atividade 3 – Parte A: Construindo o conhecimento de uma maneira diferente

Provavelmente você, estudante do curso de Química, possui uma rotina de estudos um tanto quanto pesada, certo? Diante disso, chega um momento em que você precisa dar uma relaxada... (aquela famosa “procrastinada”! Quem nunca?) Pois bem, para isso existem, por exemplo, canais que exibem várias séries, filmes, documentários etc. para lhe ajudar. Basta você apertar o controle remoto de sua smart TV e escolher o que você quer assistir. Mas, ao apertar o controle remoto, você já pensou em como esse equipamento funciona? Pois bem, esse será nosso desafio nesta Atividade!

1. **Elabore** um modelo que explique como funciona um controle remoto. **Desenhe** seu modelo e **explique** todas as características dele por escrito.

### Atividade 3 – Parte B: Testando nossos modelos

Agora, teremos a oportunidade de testar nossos modelos visando analisar em que extensão eles satisfazem o objetivo para o qual foram elaborados.

No **Quadro 1** são apresentadas cinco condições diferentes na qual um controle remoto é submetido e o que é observado em cada uma delas.

Condições	Observações
1. Deixar o fio da TV desconectado da tomada e, em seguida, apertar o botão de ligar no controle remoto.	A TV não liga.
2. Conectar o fio da TV na tomada e, em seguida, apertar o botão de ligar no controle remoto.	A TV não liga.
3. Apertar o botão de ligar no controle remoto da TV de uma marca para ligar a TV de outra marca.	A TV não liga.

**Quadro 1** – Observações relacionadas ao funcionamento do controle remoto (continua).

Condições	Observações
4. Apertar o botão de ligar no controle remoto da TV que fica na sua sala estando no seu quarto (sendo esses cômodos separados por paredes).	A TV não liga.
5. Apertar o botão de ligar no controle remoto da TV da sua sala estando no quintal (em uma casa grande).	A TV não liga.

**Quadro 1** – Observações relacionadas ao funcionamento do controle remoto (continuação).

1. O modelo do seu grupo é capaz de explicar tais observações? **Por quê?**
2. Em caso de resposta **afirmativa** à **questão 1**:  
Como você convenceria os outros grupos de que o modelo do seu grupo é mais adequado para explicar tais observações?
3. Em caso de resposta **negativa** à **questão 1**:  
**Reformule** o modelo do seu grupo de modo que ele consiga explicar tais observações. **Expresse** seu novo modelo por escrito e/ou por desenhos. **Explique** todas as características do seu novo modelo.
4. Como o novo modelo do seu grupo é capaz de explicar tais observações?

### Atividade 3 – Parte C: Utilizando o modelo em outra situação

Agora, teremos a oportunidade de avaliar nossos modelos em outra situação: pensando no funcionamento de um controle remoto de portão eletrônico.

1. O modelo do seu grupo é capaz de explicar o funcionamento geral de um controle remoto de portão eletrônico?  
 Sim                       Não                       Parcialmente
2. Em caso de resposta **afirmativa** à **questão 1**:  
Quais aspectos do funcionamento de um controle remoto de portão eletrônico o modelo do seu grupo é capaz de explicar? **Por quê?**

**3. Em caso de resposta negativa à questão 1:**

Quais aspectos do funcionamento de um controle remoto de portão eletrônico o modelo do seu grupo não é capaz de explicar? **Por quê?**

**4. Em caso de resposta parcialmente afirmativa à questão 1:**

Quais aspectos do funcionamento de um controle remoto de portão eletrônico o modelo do seu grupo é capaz e não é capaz de explicar? **Por quê?**

## APÊNDICE G – Atividade 4 – Caso Histórico: Marie Curie

### Atividade 4 – Parte A: Caso Histórico – Marie Curie

Marie Sklodowska Curie (1867-1934) foi uma cientista mundialmente reconhecida pelas suas contribuições aos estudos sobre a radioatividade, assim como pela descoberta de dois elementos radioativos: o Rádio e o Polônio. Mas qual foi o contexto histórico no qual a produção de conhecimento científico sobre a radioatividade se deu? E sobre a descoberta do elemento químico Rádio? Quais foram as dificuldades com as quais Marie Curie precisou lidar? Como ela lidou com tais dificuldades?

Para saber mais informações sobre a história de Marie Curie e, dessa maneira, poder discutir sobre os questionamentos, apresentados anteriormente, você vai assistir alguns recortes do filme “Madame Curie” (LEROY, 1943). Para isto, acesse o link: [https://drive.google.com/drive/folders/1\\_DHxi1v9OVH5lqvxlvc93df5aABYwzep?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1_DHxi1v9OVH5lqvxlvc93df5aABYwzep?usp=sharing)

Enquanto você assiste os recortes do filme, registre (no quadro abaixo) as principais ideias apresentadas em cada recorte e quais aspectos lhe chamaram a atenção em cada um dos recortes.

Recortes	Principais ideias apresentadas	Aspectos que chamaram a atenção
1º		
2º		
3º		
4º		
5º		
6º		
7º		
8º		
9º		
10º		

**Observação:** enviar quadro preenchido via e-mail até quarta-feira, 12/08.

### Atividade 4 – Parte B: Caso Histórico – Marie Curie

Após você ter assistido os recortes do filme, responda as seguintes questões:

1. Sobre quais aspectos relacionados à Ciência<sup>61</sup> podemos refletir a partir do caso histórico de Marie Curie?
2. Como o caso histórico de Marie Curie contribui para desmistificar a ideia de que na Ciência existe “o” ou “um” método científico?
3.
  - a. Por que foi difícil para Marie e Pierre Curie convencerem os cientistas da Sorbonne a lhes conceder um laboratório?
  - b. Que fatores dificultaram o acesso do casal Curie a um laboratório?
4. Além das dificuldades enfrentadas pelo casal em relação ao isolamento do elemento Rádio, com que outras dificuldades Marie teve que lidar tanto como pessoa quanto como cientista ao longo dos recortes exibidos?

**Observação 1:** responder estas questões imediatamente após a aula on-line e, em seguida, enviar as respostas via e-mail.

**Observação 2:** enviar Portfólio 2B (A4 – Partes A e B) via e-mail até terça-feira, 18/08.

---

<sup>61</sup> A nomenclatura aspectos relacionados à Ciência foi utilizada nas atividades desenvolvidas com os FP como sinônimo de aspectos de Natureza da Ciência.

## APÊNDICE H – Atividade 5 – Caso Contemporâneo: Rompimento da Barragem de Rejeitos B1 da Mina do Córrego do Feijão em Brumadinho/MG

### Atividade 5 – Parte A: Caso Contemporâneo: Rompimento da Barragem de Rejeitos B1 da Mina do Córrego do Feijão em Brumadinho/MG

Nas aulas anteriores, você teve a oportunidade de vivenciar duas situações de ensino que envolviam, respectivamente, uma atividade de natureza investigativa e contexto cotidiano e uma atividade de natureza histórica e contexto científico. A primeira atividade teve como objetivo favorecer a vivência de práticas científicas e epistêmicas (análogas às que cientistas vivenciam ao produzir conhecimentos científicos) para que, a partir disso, você pudesse tomar consciência de alguns aspectos relacionados à Ciência presentes nestas práticas. A segunda atividade teve como objetivo trazer algumas informações sobre a história de uma cientista, visando favorecer reflexões sobre alguns outros aspectos relacionados à Ciência. Dando continuidade, esta atividade – que é de natureza argumentativa e envolve um contexto sociocientífico – tem como objetivo contribuir para que você, além de tomar consciência de problemas gerados pelo processo de mineração desenvolvido em nosso país, principalmente em nosso estado, analise tais problemas considerando também o que vivenciou nas duas atividades anteriores.

**Informações:** o rompimento da barragem de rejeitos do processo de mineração aconteceu no dia 25 de janeiro de 2019 e resultou em uma das maiores tragédias ambientais no Brasil (a maior foi em Mariana). Tal rompimento é considerado o maior acidente de trabalho do país. Isso porque, ele causou 259 mortes e ainda continuam desaparecidos 11 corpos<sup>62</sup> (dados de 25 de janeiro de 2020). A barragem de rejeitos B1 que havia sido classificada como de “baixo risco” de rompimento e “alto potencial de danos” em caso de rompimento, era controlada pela empresa Vale S.A. Tal barragem

---

<sup>62</sup> De acordo com os parentes de vítimas da tragédia-crime, o somatório destes números passa a ser 272 ao contabilizar dois fetos que estavam na barriga das mães. Em fevereiro de 2022 ainda continuam desaparecidos três corpos.

estava situada na região do Córrego do Feijão, município de Brumadinho, que fica a 65 km de Belo Horizonte.

**Situação-problema:** como você analisa uma das maiores tragédias ambientais do Brasil – rompimento da barragem de rejeitos B1 da mina do Córrego do Feijão em Brumadinho?

Esta análise pode se basear em alguns questionamentos como:

- *A empresa responsável pela construção da barragem é culpada ou não pelo seu rompimento?*
- *A empresa responsável pela utilização da barragem é culpada ou não pelo seu rompimento?*
- *Existe(m) ou não culpado(s)?*
- *A empresa responsável pela mineração na região de Brumadinho deve interromper suas atividades ou não?*
- *A Mina do Córrego do Feijão deve ser fechada ou não? Se sim, quais seriam as possíveis fontes de emprego para os moradores sobreviventes da tragédia-crime?*
- *Quais podem ser as futuras fontes de arrecadação da cidade?*
- *As indenizações a serem pagas para os parentes de vítimas da tragédia-crime pela empresa responsável pela mineração na região de Brumadinho podem amenizar alguns aspectos? Se sim, em quais? Como? Se não, por quê?*

A análise de tal tragédia deve ser realizada de maneira holística, isto é, considerando não apenas ela em si, mas também a atual situação (no ano de 2020) em que a cidade de Brumadinho se encontra, ou seja, os impactos causados pela tragédia-crime. Assim, uma análise inicial pode suscitar outros questionamentos como:

- *Existem pesquisas que visam identificar quais rejeitos estão presentes na lama, e quais os possíveis impactos que eles podem causar?*
- *Existem tecnologias para monitoramento e recuperação de águas (por exemplo, do Rio Paraopeba) e rejeitos (por exemplo, os oriundos da lama)? Se sim, quais são elas?*
- *Onde elas estão sendo desenvolvidas?*

- *As universidades, por exemplo, a nossa universidade, têm desenvolvido pesquisas nessa área? Se sim, quem tem financiado tais pesquisas?*
- *Quais conceitos científicos elas envolvem ou utilizam?*
- *Elas estão sendo utilizadas? Se sim, como? Se não, por quê?*
- *Estes rejeitos (por exemplo, os oriundos da lama), são efetivamente rejeitos? Ou será que eles podem ser vistos como coprodutos?*
- *Se são coprodutos, qual destinação pode ser dada a eles?*
- *Esta destinação é viável economicamente?*
- *Qual potencial de mercado esta destinação apresenta?*
- *Por que a questão econômica tem sido determinante, isto é, permeia todas as informações relacionadas à tragédia-crime e às decisões que vem sendo, ou não, tomadas?*

**Tarefa:** após a leitura dos questionamentos apresentados anteriormente e considerando seus conhecimentos prévios sobre tal tragédia, **redija um texto** sobre ela abordando os temas dos questionamentos que você julga mais relevantes. Portanto, **não** faça nenhuma consulta a qualquer material, por exemplo, na Internet para redigir seu texto. Isto é muito importante para não comprometer a próxima parte desta atividade.

**Observação:** enviar texto redigido via e-mail até quarta-feira, 19/08.

### **Atividade 5 – Parte B: Caso Contemporâneo: Rompimento da Barragem de Rejeitos B1 da Mina do Córrego do Feijão em Brumadinho/MG**

Para que você consiga realizar uma análise de maneira holística, é necessário levar em consideração diversos aspectos, por exemplo, científicos, tecnológicos, sociais, ambientais, morais, éticos, psicológicos, econômicos, dentre outros, e os articular com as atuais políticas públicas em relação ao meio ambiente. Afinal de contas, nossos representantes é que são os “verdadeiros” tomadores de decisões. Portanto, é preciso que eles sejam informados sobre qual mineração, nós, cidadãos críticos-reflexivos, queremos, ou seja, sobre os critérios necessários para a realização de um processo de mineração considerado “ideal”.

Para saber mais informações sobre o Rompimento da Barragem de Rejeitos da Mina do Córrego do Feijão em Brumadinho, acesse links como os abaixo:

- MPF diz que Vale privilegiou lucro à segurança de trabalhadores em mina  
[http://www.oestadoonline.com.br/noticia/31205/mpf\\_diz\\_que\\_vale\\_privilegiou\\_lucro\\_a\\_seguranaa\\_de\\_trabalhadores\\_em\\_mina.html](http://www.oestadoonline.com.br/noticia/31205/mpf_diz_que_vale_privilegiou_lucro_a_seguranaa_de_trabalhadores_em_mina.html)
- Com luto, ódio e busca por corpos, Brumadinho (MG) teme futuro sem a Vale  
<https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/reporter-brasil/2019/02/25/com-luto-odio-e-busca-por-corpos-brumadinho-teme-futuro-sem-a-vale.htm>
- Vale fecha acordo para pagar R\$ 700 mil a parentes de vítimas de barragem em Brumadinho  
<https://brasil.estadao.com.br/noticias/geral,vale-fecha-acordo-para-pagar-r-700-mil-a-parentes-de-vitimas-de-barragem-em-brumadinho,70002923298>

Para saber mais informações sobre Tecnologias para Monitoramento e Recuperação de Águas e Rejeitos em situações emergenciais, acesse links como os abaixo:

- Lama da barragem de Brumadinho já matou mais da metade do Rio Paraopeba  
<https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2019/02/lama-barragem-brumadinho-minas-gerais-vale-mineracao-paraopeba-poluicao>
- Workshop Emergencial: Tecnologias para Monitoramento e Recuperação de Águas e Rejeitos  
[https://www.youtube.com/watch?v=Uz\\_zLkv1hLw&t=9s](https://www.youtube.com/watch?v=Uz_zLkv1hLw&t=9s)
- II Workshop Emergencial: Tecnologias para Monitoramento e Recuperação de Águas e Rejeitos  
<https://www.youtube.com/watch?v=xLSUuQv1cYE>

Para saber mais informações sobre a atual situação, um ano após o Rompimento da Barragem de Rejeitos da Mina do Córrego do Feijão em Brumadinho (dados de 25 de janeiro de 2020), acesse links como os abaixo:

- ‘Há um longo caminho antes de voltarmos a investir na Vale’, diz diretor de fundo britânico\*<sup>63</sup>
- Brumadinho aumenta pressão de investidor estrangeiro por mais transparência e segurança na mineração\*
- VÍDEOS: Um ano da tragédia em Brumadinho  
<https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/edicao/2020/01/21/videos-um-ano-da-tragedia-em-brumadinho.ghtml>

Além das informações contidas nestes links, você pode e deve buscar mais informações em outras fontes.

**Tarefa:** após a análise das informações contidas nas fontes consultadas, **elabore e registre argumentos baseados em evidências**, ou seja, bem fundamentados, para se posicionar com relação aos questionamentos apresentados na Parte A da atividade ou outros. Isto será essencial para que você participe da próxima discussão.

**Observação:** cada grupo deverá registrar as discussões feitas por escrito no arquivo (em Word) criado por nós e compartilhado com os integrantes de cada grupo (a partir de hoje, sexta-feira, 21/08). Este arquivo foi criado para que possamos acompanhar mais de perto (devido ao contexto atual) o processo de desenvolvimento desta atividade. Além disso, os grupos deverão gravar todas as discussões on-line, via Teams, a partir da equipe que criamos para cada um dos grupos para definir os argumentos a serem utilizados durante a discussão. Os vídeos dessas discussões também nos possibilitarão acompanhar mais de perto a seleção e exclusão dos argumentos que vocês irão utilizar. O arquivo final em Word com os argumentos a serem utilizados na discussão que ocorrerá na próxima aula (sexta feira, 04/09), deve ser enviado via e-mail até segunda-feira, 31/08.

---

<sup>63</sup> O link de acesso para ambas as reportagens com um asterisco ao final é restrito apenas para assinantes. Neste caso, compartilhamos as informações publicadas no Estadão em pdf.

## APÊNDICE I – Atividade 6: Visão *sobre* Ciências neste Momento

1.
  - a. No início desta disciplina, você foi questionado sobre como explicaria para um colega o que é Ciência e quais são seus principais objetivos. Como você responderia esta pergunta agora?
  - b. Esta resposta é, de alguma forma, diferente daquela dada anteriormente? Se sim, por quê?
2. A partir da criação, expressão, teste e avaliação de um modelo proposto para explicar o funcionamento de um controle remoto, você pôde vivenciar algumas práticas científicas e epistêmicas (análogas às que cientistas vivenciam ao produzir conhecimentos científicos).
  - a. Sobre quais aspectos relacionados à Ciência você pensou ao vivenciar essas práticas?
  - b. Sobre quais desses aspectos você não havia pensado antes de vivenciar tais práticas?
3. Ao se informar sobre a história de Marie Curie:
  - a. Sobre quais aspectos relacionados à Ciência você refletiu?
  - b. Explique como você entende cada um deles.
4. A partir da história de Marie Curie, foi possível discutir sobre as influências culturais na Ciência, especialmente no que diz respeito às relações entre gênero e Ciência.
  - a. Você já havia pensado sobre isso? Se sim, em qual(is) situação(ões)?
  - b. De que forma a história de Marie Curie o auxiliou a pensar sobre mulheres nas Ciências?
5. Ao analisar a tragédia ambiental que ocorreu em Brumadinho:
  - a. Sobre quais aspectos relacionados à Ciência você pensou?
  - b. Explique como você utilizou cada um deles em sua análise.
6. A partir da análise da tragédia ambiental que ocorreu em Brumadinho, foi possível discutir sobre as influências de aspectos econômicos na Ciência, principalmente o

fato de tais aspectos terem se mostrado determinantes no que diz respeito às questões ambientais.

**a.** Você já havia pensado sobre isso? Se sim, em qual(is) situação(ões)?

**b.** De que forma a análise da tragédia ambiental que ocorreu em Brumadinho o auxiliou a pensar sobre os impactos sofridos e/ou exercidos pela economia na Ciência?

**Observação 1:** responder estas questões imediatamente após a aula on-line.

**Observação 2:** enviar Portfólio 2C (A5 – Partes A e B + A6) via e-mail até terça-feira, 08/09.

**APÊNDICE J – Atividade 7: Leitura e Discussão sobre o Artigo “Um Modelo de Ciências para Fundamentar a Introdução de Aspectos de Natureza da Ciência em Contextos de Ensino e para Analisar tais Contextos”**

<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/19938/19437>

**Observação:** enviar perguntas/dúvidas e comentários/reflexões sobre o artigo do MoCEC v.2 via e-mail até quarta-feira, 09/09.

## APÊNDICE K – Atividade 8 – Pensando na Sala de Aula: Proposição e Justificativas de uma Atividade de Ensino

Agora que você já conhece o MoCEC v.2 e que já vivenciou atividades de formação elaboradas baseadas nele, chegou a sua vez de propor atividades de ensino baseadas nesse modelo.

Portanto, mãos à obra!

Você deverá **propor uma atividade de ensino** para ser desenvolvida em uma ou duas ou três aulas (de 50 minutos cada), com o objetivo de introduzir, de maneira contextualizada, explícita e integrada, alguns dos aspectos relacionados à Ciência discutidos ao longo da disciplina, em alguma turma da Educação Básica. Para recordar detalhes sobre os muitos aspectos possíveis de serem inseridos e discutidos, consulte o artigo lido.

Os aspectos a serem introduzidos devem ser **identificados e justificados por escrito** tanto em termos de porque eles foram selecionados quanto em termos de o que se espera que eles ajudem os estudantes a aprender.

Finalmente, você deve **elaborar um material (slides)** para subsidiar a apresentação de sua proposta para os colegas da turma.

**Observação 1:** o planejamento\* da(s) aula(s), a identificação dos aspectos a serem introduzidos e as justificativas relacionadas à escolha desses aspectos, assim como o material (slides) de apresentação da atividade devem ser enviados via e-mail até sexta-feira, 09/10.

**Observação 2:** o planejamento de cada grupo será enviado para os integrantes dos outros grupos para que os colegas possam analisá-los antes da apresentação dele.

**Observação 3:** cada grupo deverá registrar as discussões feitas por escrito no arquivo (em Word) criado por nós e compartilhado com os integrantes de cada grupo. Este arquivo foi criado para que possamos acompanhar mais de perto (devido ao contexto atual) o processo de desenvolvimento desta atividade. Além disso, os grupos deverão gravar todas as discussões on-line, via Teams, a partir da mesma equipe que já criamos para cada um dos grupos (para o desenvolvimento da Atividade 5 – Parte B) para

definir, por exemplo, a identificação dos aspectos a serem introduzidos na atividade proposta por vocês, como a justificativa para a introdução de tais aspectos nela. Os vídeos dessas discussões também nos possibilitarão acompanhar mais de perto o processo de desenvolvimento desta atividade.

\* Um planejamento deve conter os seguintes elementos:

- Contexto da aula (em qual unidade/capítulo ela se insere, o que foi visto antes e o que será visto depois; qual é o nível dos estudantes participantes);
- Pré-requisitos (não apenas em termos de conteúdos científicos, mas também os relacionados à Ciência e às habilidades necessárias para que os estudantes participem da atividade proposta);
- Título da atividade proposta;
- Natureza da atividade (por exemplo, investigativa, expositiva dialogada etc.);
- Contexto envolvido na atividade (por exemplo, cotidiano, histórico etc.);
- Objetivo da atividade (por exemplo, favorecer a aprendizagem do conteúdo científico X; favorecer o desenvolvimento das habilidades Y e Z; favorecer a aprendizagem dos aspectos A, B, C relacionados à Ciência etc.);
- Atividade (incluindo textos, questões e descrição de ações do professor – sendo que a atividade pode ser dividida em partes – e, se este for o caso, elas devem ser claramente identificadas);
- Abordagem de ensino adotada (por exemplo, ensino fundamentado em modelagem, caso histórico etc.);
- Recursos didáticos necessários (de qualquer natureza);
- Avaliação da atividade (descrição detalhada de como isto seria feito considerando os objetivos propostos para a atividade); e
- No caso específico deste planejamento, deve ser incluído também o item **Material do Professor**, no qual vocês devem dar todas as “dicas” necessárias para que um colega, que não participou da elaboração desta atividade, possa utilizá-la em sala de aula.

**Observação 4:** enviar proposta reformulada e Portfólio 3 (A8) via e-mail até quarta-feira, 21/10 (Grupo 3); 28/10 (Grupo 2); e 04/11 (Grupo 1).

## APÊNDICE L – Atividade 9: Análise Crítica da Atividade 8 e Avaliação da Disciplina

### Atividade 9: Análise Crítica da Atividade 8 (do seu grupo)

Na atividade anterior, você e seus colegas de grupo propuseram e apresentaram uma atividade de ensino visando introduzir aspectos relacionados à Ciência na Educação Básica. Considerando os aspectos relacionados à Ciência apresentados no MoCEC v.2, responda as perguntas a seguir:

1. a. Conhecer o MoCEC v.2 e/ou vivenciar as atividades de formação ao longo da disciplina contribuíram para a elaboração, apresentação e análise da atividade de ensino proposta por seu grupo?

Sim

Não

Parcialmente

- b. Como tais conhecimentos e/ou vivências contribuíram para a elaboração, apresentação e análise de tal atividade?

2. Pensando na atividade proposta por seu grupo, se você a conduzisse em um contexto regular de ensino, quais resultados esperaria obter? Por quê?
3. Pensando na atividade proposta por seu grupo, você acha que teria dificuldades em conduzi-la em um contexto regular de ensino? Quais seriam essas dificuldades? Por que você as teria?

### Atividade 9: Análise Crítica da Atividade 8 (dos outros dois grupos)

Agora responda pensando nas atividades de ensino propostas pelos outros dois grupos:

1. a. Conhecer o MoCEC v.2 e/ou vivenciar as atividades de formação ao longo da disciplina contribuíram para a análise das atividades de ensino propostas pelos outros dois grupos?

Sim

Não

Parcialmente

- b. Como tais conhecimentos e/ou vivências contribuíram para a análise de tais atividades?

2. Quais semelhanças e diferenças você identifica entre as atividades propostas pelos três grupos?
3. Pensando nas atividades propostas pelos outros dois grupos, você acha que é possível conduzi-las em um contexto regular de ensino? Por quê? (Caso você tenha opiniões diferentes em relação a diferentes propostas, identifique claramente sobre qual proposta você está comentando em cada parte de sua resposta.)
4. Pensando nas atividades propostas pelos outros dois grupos, quais vantagens e desvantagens você acha que elas apresentam? Por quê?
5. Pensando nas atividades propostas pelos outros dois grupos, você acha que teria dificuldades em conduzi-las em um contexto regular de ensino? Quais seriam essas dificuldades? Por que você as teria?

### **Atividade 9: Avaliação da Disciplina**

Agora responda pensando na disciplina como um todo:

1. Em que e como você acha que esta disciplina contribuiu, ou pode contribuir no futuro, para sua formação enquanto pessoa e professor?
2. Você acha que esta disciplina se diferencia das demais que você já cursou no DQ e/ou na FaE? Se sim, em que e como? Se não, justifique sua resposta.
3. Quais sugestões você nos daria para melhorar a disciplina? Justifique sua resposta.

**Observação:** responder estas questões imediatamente após a aula on-line.

## ANEXO A – Versão Final da Proposta do G2

Planejamento de aulas a partir de visões contemporâneas do ensino de  
Ciências/Química

**I Congresso de Geometria Molecular: Uma abordagem contextualizada, explícita e  
integrada**

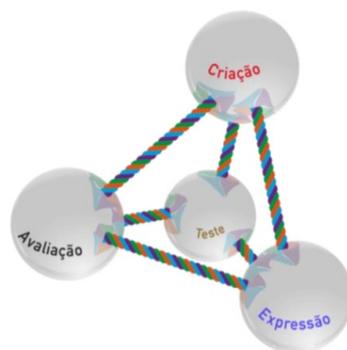
Gael, Lara, Rose e Telma

### INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, novas metodologias de ensino têm sido estudadas e outras aprimoradas, sempre buscando formas de compartilhamento de conteúdos que alcancem a compreensão por parte do estudante e, mais do que isso, o envolva no tema em questão. Dessa forma, é importante a participação ativa dele no próprio processo de aprendizagem, evitando aulas totalmente monótonas e baseadas na reprodução de ações do professor, sem questionamentos ou reflexões (DIESEL; BALDEZ; MARTINS, 2017). Diante disso, consideramos importante buscar ferramentas de ensino que auxiliem na construção do caráter investigativo do estudante, tornando-o autêntico, crítico e criativo. Sendo assim, tratando-se de Ciências é essencial que, como enfatizado por Santos (2019), os conteúdos sejam apresentados de maneira contextualizada e/ou explícita e/ou integrada, possibilitando que o estudante entenda o contexto no qual aquele tema pode ser inserido, como aquele conhecimento científico que está sendo trabalhado foi influenciado por diversos aspectos relacionados ao meio e aos cientistas e, por fim, a relação desses aspectos com outros temas das Ciências. Portanto, ao elaborar um planejamento de aulas, refletir sobre a aplicação desses conceitos pode auxiliar no processo de aprendizagem do estudante.

A partir da ideia de apresentar conteúdos e propor atividades que possibilitem a participação ativa do estudante, com base nas justificativas já apresentadas, buscamos o conceito de uma metodologia de ensino que se encaixasse nessa ideia. Portanto, a metodologia desenvolvida neste planejamento de aulas é a modelagem, que segundo Gilbert e Justi (2016 *apud* SANTOS, 2019): “[...] é um processo cíclico, complexo, criativo, não linear, não predeterminado e, portanto, dinâmico, tanto de elaboração e expressão de modelos, como de utilização deles na construção do conhecimento científico.”. Tal processo (representado na Figura 1) contém quatro etapas: criação, expressão, teste e avaliação do modelo.

**Figura 1** – O Modelo de Modelagem v.2: Representação do processo de modelagem



Fonte: Gilbert e Justi, 2016, p. 36.

A definição do que ocorre nessas etapas segundo Justi e Gilbert (2002), Justi (2006) e Gilbert e Justi (2016) é:

- i. Criação, são definidos os objetivos da elaboração do modelo para que seja feita uma busca de informações sobre o que será modelado. Tal busca pode ser feita de várias formas (discussões entre os estudantes, pesquisas, experimentos, entre outros) e na maior parte das vezes o professor é quem propõe os objetivos para os estudantes. Além disso, na criação, é estabelecida uma base que auxiliará nos raciocínios iniciais para a elaboração do proto-modelo, isto é, o modelo mental;
- ii. Expressão, etapa em que o estudante define de que forma irá expressar seu proto-modelo e quais serão os significados de cada detalhe dele. Dessa forma, é muito importante considerar as limitações que existem em cada maneira de representar o modelo que havia sido imaginado e os recursos disponíveis para realizar essa representação;
- iii. Teste, nesta etapa é verificado se o modelo atende aos objetivos definidos nas etapas anteriores através de testes empíricos ou mentais. Dessa forma, os estudantes podem defender para a turma e o professor porque considera seus modelos mais adequados para explicar diversos fatores. Se for notado que os modelos não atendem os objetivos, eles podem ser alterados ou descartados; e
- iv. Avaliação, o modelo é aplicado em outras situações a fim de definir suas limitações e abrangências. Sendo assim, se tudo ocorrer bem, os estudantes podem defender que seus modelos são mais abrangentes do que outros.

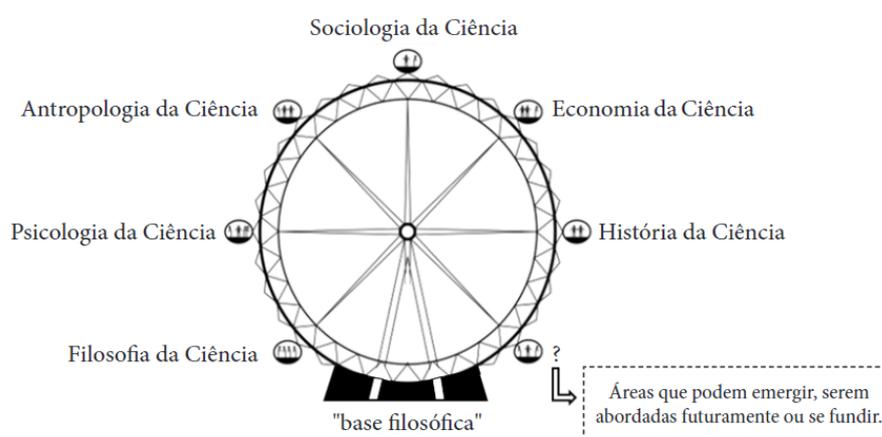
Analisando essas etapas, é possível perceber que a atividade de modelagem auxilia no desenvolvimento do raciocínio, da argumentação, do pensamento crítico, da criatividade, entre outros atributos importantes na formação de estudantes. Santos (2019) ressalta que tais atributos são essenciais não só no contexto cotidiano e científico, mas podem contribuir na discussão de questões sociocientíficas. Como enfatizado por

Zeidler *et al.* (2005), tais questões são problemas complexos, controversos e contextualizados, que envolvem aspectos ambientais, culturais, econômicos, sociais, éticos, morais, políticos, dentre outros, fazendo com que os estudantes aprendam a propor soluções diante de tais problemas.

Por fim, para além da criação e expressão de modelos, Gilbert e Justi (2016 *apud* SANTOS, 2019) reafirmam que modelos são ferramentas de pensamento. Portanto, eles extrapolam a representação de determinada entidade, sendo utilizados com um significado maior.

Na elaboração do planejamento de aulas, consideramos as perspectivas disciplinares desenvolvidas por Santos, Maia e Justi (2020) na segunda versão do Modelo de Ciências para o Ensino de Ciências (MoCEC v.2), que é uma versão atualizada do Modelo de Ciências para o Ensino de Ciências (MoCEC) proposto por Justi e Erduran (2015), que será utilizado como base na elaboração e análise da atividade proposta. O modelo atual apresenta as seguintes áreas de conhecimentos para o estudo de Natureza da Ciência (NdC): Filosofia da Ciência (FC); Psicologia da Ciência (PC); Antropologia da Ciência (AC); Sociologia da Ciência (SC); Economia da Ciência (EC); e História da Ciência (HC). De acordo com Santos, Maia e Justi (2020), essas áreas podem ser discutidas pelos professores assumindo diferentes referenciais, uma vez que a analogia principal do MoCEC e MoCEC v.2 é a London Eye. Ela gera a Science Eye, na qual cada cápsula representa uma área de conhecimento e Londres representa a Ciência. No MoCEC v.2 ainda contamos com uma base filosófica na representação visual (representada na Figura 2).

**Figura 2** – Representação visual do MoCEC v.2



Fonte: Santos, Maia e Justi (2020), p. 594.

Dessa forma, as autoras explicam que o modelo visa auxiliar os professores a planejar aulas que evidenciem o caráter autêntico da Ciência, proporcionando aos professores a liberdade para escolher a área que irão trabalhar de acordo com seus contextos de ensino. Inseridos nessas áreas encontram-se os aspectos de NdC que

caracterizam cada uma, discutidos detalhadamente no artigo “Um Modelo de Ciências para Fundamentar a Introdução de Aspectos de Natureza da Ciência em Contextos de Ensino e para Analisar tais Contextos”, redigido por Santos, Maia e Justi (2020).

Uma das proposições chaves do MoCEC v.2 é a vacância para adição de novas áreas de conhecimentos. Mediante o desenvolvimento da presente proposta, sentimos a necessidade de explorar uma área de conhecimento até então não descrita pelo modelo: Comunicação da Ciência (CC), que contemplaria também a Divulgação Científica (DC). Recentemente, esta área vem ganhando notoriedade no meio científico devido ao desejo de que as pesquisas científicas sejam reconhecidas pela população, de tal forma que seria necessária a realização de “prestação de contas para a sociedade”. Nesse contexto, a DC fica restrita à interpretação da transmissão de conhecimento científico para um público leigo (MASSOLA; CROCHÍK; SVARTMAN, 2015).

Por outro lado, a História da Ciência nos traz inúmeros registros sobre DC desde o século XVII, sendo alguns exemplos os diálogos escritos por Galileo Galilei, demonstrações de Astronomia realizadas por Joseph Lalande e as demonstrações de Michael Faraday. Porém, desde o início de 1900 vemos a dissociação entre o fazer e o comunicar Ciência. Assim, muitas vezes se ignora que o ato de narrar a Ciência é inerente à sua natureza, resultando em parte de sua validação decorrer de sua interface com a sociedade, que não apenas performa como espectadora, mas também desempenha papel ativo na concepção científica (COSTA; SOUZA; MAZZOCO, 2010). Segundo Costa, Souza e Mazzoco:

[...] a Divulgação Científica atua na exposição pública não apenas dos conhecimentos, mas dos pressupostos, dos valores, das atitudes, da linguagem e do funcionamento da Ciência e Tecnologia (C&T), além de colocar seu potencial formativo e a inserção social de seus veículos na posição de destaque relativamente à construção de uma nova ordem de relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade. A Divulgação Científica está inserida em uma esfera maior que é a da Comunicação Pública da Ciência (2010, p. 151).

Desta forma, expomos a seguir alguns aspectos de NdC que poderiam ser explorados em uma possível nova área de conhecimento, CC:

Comunicação entre pares, comunicação formal feita por emissor e receptor que trabalham com os mesmos conceitos, por exemplo, entre cientistas.

Tradução, adequação do discurso científico para que os públicos de interesse tenham acesso a ele e o compreendam.

Saberes populares: quando, em uma comunicação de mão dupla, isto é, quando tanto o emissor quanto o receptor possuem direito de fala, uma pessoa externa a determinada área de conhecimento contribui com a Ciência por meio de suas vivências pessoais.

Conceitos: termos e expressões que não têm como ser simplificados e por trás dos quais temos uma série de informações inerentes a eles.

Signos e representações: quando um símbolo deixa de ter estritamente seu significado e assume todo um conceito científico, por exemplo, a letra maiúscula C que, na Química, significa a representação do elemento químico Carbono, que possui número atômico igual a 6, massa atômica igual a 12, e número de prótons, elétrons e nêutrons igual a 6.

Questionamentos: perguntas e questionamentos feitos por qualquer pessoa sobre um assunto científico que contribui para a compressão ou, até mesmo, desenvolvimento da Ciência.

### CONTEXTUALIZAÇÃO DA ATIVIDADE

- Título da atividade proposta: I Congresso de Geometria Molecular;
- Contexto da aula: 1º ano do Ensino Médio;
- Pré-requisitos: Elementos Químicos, Propriedades Periódicas dos Elementos Químicos (Eletronegatividade e Raio Atômico), Modelos Atômicos, Estabilidades dos Átomos e Ligações Químicas (Iônicas e Covalentes);
- Habilidades: memória lógica, atenção deliberada, abstração, capacidade para comparar e diferenciar, criatividade, raciocínio lógico, autonomia e coletividade;
- Natureza da atividade: investigativa;
- Contexto envolvido na atividade: vivência científica (agência epistêmica);
- Abordagem de ensino adotada: Ensino Fundamentado em Modelagem (EFM);
- Recursos didáticos necessários: materiais fornecidos pelo professor (massinha de modelar e palitos de dente, blocos de montar – Lego® e tabela periódica); e
- Avaliação da atividade: avaliação da criação, expressão, teste e avaliação dos modelos, assim como a socialização deles via cartas e via apresentação em um congresso simulado.

Pensando em propor uma atividade que contemple a participação dos estudantes de maneira ativa, não apenas como espectadores, nosso planejamento de aulas pode ser caracterizado como de natureza investigativa, pois tais atividades dão oportunidade aos estudantes de se envolverem desde a interpretação do problema em questão até a etapa de propor uma solução para ele. Isto, por sua vez, possibilita que haja interação, aprendizado, desenvolvimento da criatividade e do senso crítico deles.

As atividades propostas têm como tema principal o estudo da Geometria Molecular, pois após discussões entre os autores esta se mostrou como a ideia que mais se adequa ao propósito de desenvolver a criatividade e o raciocínio dos estudantes, assim como de apresentar um conteúdo que auxilie a vivência dos estudantes no Ensino Médio.

Analisando a proposta curricular para o ensino de Química contida no Currículo Básico Comum (CBC), que é o Currículo Referência de nosso Estado, foi possível estabelecer que seria mais adequado propor a atividade para estudantes do 1º ano do Ensino Médio. Levando em consideração os conhecimentos prévios que se espera que os estudantes tenham para que desenvolvam cada etapa de maneira satisfatória, a atividade seria aplicada após os estudantes terem visto os conceitos de:

- i. Elementos Químicos, conhecer os elementos químicos ajuda a identificar as características de cada átomo e representá-lo de maneira adequada de acordo com os conceitos científicos;
- ii. Propriedades Periódicas dos elementos químicos:
  - i. Eletronegatividade, pode determinar o tipo de ligação entre os átomos; e
  - ii. Raio Atômico: determina o tamanho do átomo.
- iii. Modelos Atômicos, a representação dos átomos pode variar de acordo com as características do modelo atômico considerado;
- iv. Estabilidade dos Átomos: os elétrons da camada de valência determinam a configuração eletrônica e, conseqüentemente, o tipo de ligação; e
- v. Ligações Químicas: conhecer os tipos e as características das ligações iônicas e covalentes ajuda a identificar o tipo de interação entre os átomos de uma substância.

Mais do que isso, ao elaborar a proposta também foi levado em consideração o fato de que muitos estudantes não possuem ou não têm bem definido alguns desses conceitos. Portanto, a atividade busca esclarecer alguns deles. A forma como as etapas foram propostas mostra que nosso intuito não é julgar como “certos” ou “errados” os modelos que serão criados, expressos e apresentados pelos estudantes, mas sim levá-los a entender como eles são utilizados no meio científico e por que são utilizados daquela forma, contribuindo para as aprendizagens futuras no Ensino Médio.

Para além dos conhecimentos químicos e conforme dito por Vygotsky (1987), o desenvolvimento de conceitos depende de funções intelectuais complexas como memória lógica, abstração, capacidade para comparar e diferenciar. Por isso espera-se que, para utilizar os conceitos vistos anteriormente e realizar as atividades da maneira como foram planejadas, os estudantes possuam tais funções desenvolvidas. Também é esperado que os estudantes exercitem criatividade, raciocínio lógico, autonomia e coletividade.

Tendo a importância de discutir os conteúdos de Ciências de maneira contextualizada e/ou explícita e/ou integrada sido enfatizado anteriormente, a proposta em questão procurou utilizar tais conceitos em nosso planejamento de aulas. Portanto, o contexto será apresentado no âmbito da Alquimia, buscando elucidar para os

estudantes como ocorreu a evolução científica até chegarmos ao ponto de saber que os elementos alquímicos são, na verdade, formados por átomos e moléculas. Em seguida, na abordagem explícita, buscaremos explicar a constituição das moléculas e porque são representadas de certas formas no campo científico, buscando associações dos modelos dos estudantes com os utilizados pelos cientistas. Por fim, em termos de abordagem integrada, iremos trabalhar outros conceitos que são necessários para a compreensão e construção de moléculas, buscando também deixar uma conexão com o conteúdo de aulas seguintes.

Quanto às etapas que envolvem o processo de modelagem, todas serão atendidas. Na (i) criação, os estudantes farão um proto-modelo de uma molécula que será solicitada. As informações necessárias para a construção mental desse modelo serão fornecidas pelo professor e a partir de debates entre os próprios estudantes. Além disso, o professor explicará que o objetivo da atividade é que os estudantes compreendam como são as estruturas das moléculas mais simples e qual raciocínio eles devem seguir para construí-las; na (ii) expressão, os estudantes irão representar o proto-modelo considerando os materiais que serão disponibilizados para isso; no (iii) teste, eles irão verificar se o modelo criado atende o objetivo, utilizando-o na construção da estrutura de outras duas moléculas; e na (iv) avaliação, será verificado se o modelo pode ser utilizado para a construção da estrutura de uma quarta molécula que, intencionalmente, foge à regra de construção das outras. Ademais, os estudantes irão apresentar os modelos elaborados para a turma e o professor, ressaltando o raciocínio utilizado na construção deles e a abrangência e limitações que tais modelos possuem.

Utilizando diferentes formas de representação, acreditamos que será possível a visualização e compreensão da construção de moléculas mais conhecidas e também reforçar os conceitos acerca de Molécula, Polaridade e Teoria de Repulsão de Pares Eletrônicos da Camada de Valência. A discussão poderá contribuir para a introdução de tópicos como tipos de Geometria Molecular, Forças Intermoleculares e, mais adiante, estudos de Soluções, por exemplo. Além disso, entendemos que com esta atividade podemos aproximar os estudantes da Ciência, inserindo-os em um contexto científico e mostrando que não é necessário um grande laboratório, computadores e equipamentos avançados para construir estruturas microscópicas e se divertir exercitando a criatividade com materiais simples como massinha de modelar e palitos de dente, blocos de montar (Lego®), tabela periódica e o próprio corpo (que propomos que seja utilizado nesta atividade).

Ao final da atividade, após o professor acompanhar e mediar todo o processo (a avaliação do raciocínio lógico, interação e comunicação), ele teria elementos para identificar as concepções da turma sobre os conceitos utilizados na realização de cada etapa e, assim, identificar possíveis pontos que necessitam de maior

clareza e entendimento. Portanto, considerando todo o processo da atividade, será possível analisar quais aspectos do MoCEC v.2 podem ser trabalhados com os estudantes.

## OBJETIVOS

### Objetivo Geral

Elaborar um planejamento de aulas de Química partindo de visões contemporâneas do ensino de Ciências/Química e empregando o MoCEC v.2.

### Objetivos Específicos

- i. Elaborar atividades de natureza investigativa que favoreçam um ensino fundamentado em modelagem;
- ii. Elaborar atividades contextualizadas, explícitas e integradas;
- iii. Propor um método de avaliação processual (carta);
- iv. Identificar e elucidar aspectos de NdC no conjunto de atividades proposto; e
- v. Propor, identificar e elucidar aspectos de NdC para a área CC.

## MATERIAL DO ESTUDANTE

### História da Química: A Alquimia e os Elementos Químicos

Você provavelmente já deve ter se deparado com o tema Alquimia na cultura pop. Talvez no formato de livros e filmes, como acontece em “Harry Potter e a Pedra Filosofal”, ou então, por exemplo, na música “Os alquimistas estão chegando” de Jorge Ben Jor, ou até mesmo em mangás e animes, como é o caso de “Fullmetal Alchemist”. A Alquimia é amplamente escolhida porque combina alguns tópicos da fantasia com algumas Ciências como Química, Física, Biologia, Metalurgia, Astronomia, entre outras. Mas, *você sabe o que é Alquimia?*

A origem da Alquimia é incerta, porém estudiosos da História da Ciência relatam a presença de algumas das suas características em textos encontrados na cidade de Alexandria, portanto datados do período do Antigo Egito. Tais manuscritos descrevem um conjunto de técnicas de embalsamamento e manipulação de metais chamadas de Kyniâ. Nesse contexto, a Alquimia pode ser interpretada como um conjunto de práticas que possui três objetivos principais:

- i. Transmutação de metais sem valor em ouro;
- ii. Obtenção da Pedra Filosofal, que seria capaz de curar qualquer doença, até mesmo evitando a morte; e
- iii. Criação de Homunculus, uma forma de vida artificial.

Com a expansão helênica, trazida pelo Império de Alexandre, o Grande, a Kyniã absorveu para si partes da Filosofia de Empédocles e Aristóteles que consideravam Terra, Água, Ar e Fogo como Elementos que constituíam tudo aquilo que existia no Planeta.

**Figura 1** – Representação dos quatro Elementos fundamentais para a Alquimia



Uma vez que parte dessas práticas se baseia em espiritualidade, a ascensão do cristianismo fez com que as práticas alquímicas se tornassem ilegais. De modo oposto, o Alcorão, livro sagrado dos muçulmanos, previa que o conhecimento da natureza era uma forma de aproximação com Alá. Portanto, a Alquimia ficou restrita ao mundo islâmico, onde teria recebido o nome Al-khen, que significa A Química.

Com a promessa de obtenção de riqueza, a Alquimia teve seu auge entre os séculos XIV e XVI, quando foi praticada tanto pelos árabes quanto pelos cristãos. Porém, ao longo do século XVII, dois fatores fizeram com que as práticas alquímicas caíssem no esquecimento:

- i. A popularização do conhecimento científico, de tal forma que os códigos e segredos dos alquimistas começaram a ser questionados; e
- ii. O surgimento do pensamento iluminista, que postulava a separação entre a razão e a fé, fazendo com que os alquimistas caíssem em descrença popular.

Mesmo que não possamos confirmar quase nenhuma das crenças alquímicas, as buscas pela transmutação, pela Pedra Filosofal e pelos Homunculus podem ser consideradas como parte do desenvolvimento da Ciência. Isso se dá em decorrência de inúmeros instrumentos laboratoriais que foram desenvolvidos, bem como de estudos de alguns **elementos químicos**. Além disso, a transformação de um **elemento químico** em outro foi comprovada no século XX, a partir da fusão nuclear.

**A partir do texto, discuta as seguintes questões:**

1. Quais são os elementos que constituem toda a matéria segundo os alquimistas?
2. A partir da Figura 1, qual é a importância da representação gráfica para os elementos?
3. Como são representados os elementos hoje em dia?
4. Segundo a visão contemporânea de Química, por que a água não está representada na tabela periódica?

5. Segundo seus conhecimentos, o que caracteriza um elemento químico hoje em dia?
6. Como ocorre a transformação de um elemento químico em outro?

## BIBLIOGRAFIA

OKI, M. C. M. O Conceito de Elemento: Da antiguidade à modernidade. **Química Nova na Escola**, v. 16, n. 1, p. 21-25, 2002.

SOUZA, R. G. **História da Alquimia**. Disponível em:  
<<https://www.historiadomundo.com.br/curiosidades/historia-da-alquimia.htm>>.  
Acesso em: 04 out. 2020.

### Parte 1: Investigação, criação e expressão da lógica de construção da representação da molécula de H<sub>2</sub>O

A partir das discussões propiciadas pelo texto História da Química: A Alquimia e os Elementos Químicos, você e seus colegas decidiram formar um grupo de pesquisa para se engajar em uma investigação sobre a molécula de água (H<sub>2</sub>O). Partindo de seus conhecimentos químicos adquiridos ao longo do ano e dos materiais disponibilizados (massinha de modelar e palitos de dente, blocos de montar – Lego® e tabela periódica), elabore um modelo de representação para a molécula de H<sub>2</sub>O. Antes de propor, leve em consideração algumas questões:

1. Na fórmula H<sub>2</sub>O o que significa o H? E o 2? E o O?
2. O que é uma molécula?
3. Quais são os conhecimentos químicos que vocês levaram em consideração até o presente momento?

Além de elaborar o modelo, o grupo de pesquisa deve **explicar todas as características** dele, bem como **as etapas** seguidas para criá-lo.

### Parte 2: Teste da lógica de construção das representações das moléculas

Agora que seu grupo de pesquisa criou um modelo para a lógica de construção de representação para a molécula de água (H<sub>2</sub>O), chegou a hora de testá-lo. Partindo de tal modelo, represente as moléculas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e amônia (NH<sub>3</sub>). Nesta nova etapa, leve em consideração algumas questões:

1. O modelo do seu grupo de pesquisa levou em conta a diferença entre os átomos?
2. Quais são as semelhanças presentes nas substâncias: H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> e NH<sub>3</sub>?
3. Quais são os conhecimentos químicos que o modelo do seu grupo levou em consideração até o presente momento?

Descreva todas as etapas que foram feitas pelo seu grupo de pesquisa para validação da lógica de construção das representações das moléculas a partir das novas substâncias. Vocês tiveram que fazer alguma adaptação no modelo criado anteriormente?

### Parte 3: Avaliação da lógica de construção das representações das moléculas

É chegada a hora da avaliação do seu modelo. Para isso, uma nova molécula é levada em consideração: trifluoreto de boro ( $\text{BF}_3$ ). Usando a lógica utilizada na elaboração da versão original ou da versão reformulada do modelo, tente representar essa nova molécula. Nesta etapa, leve em consideração estas outras questões:

1. O modelo do seu grupo de pesquisa levou em consideração os elétrons da camada de valência?
2. Existe alguma limitação no material que seu grupo de pesquisa escolheu para expressar o modelo? Se sim, qual(is)?
3. Seu grupo de pesquisa consegue pensar em outras moléculas para avaliar o modelo?

### Parte 4: Relato da experiência vivida I

Você e seu grupo de pesquisa acabaram de passar por uma vivência de investigação, criação, expressão, teste e avaliação da lógica de construção das representações das moléculas, que é um dos objetivos do trabalho de químicos. É chegada a hora de comunicar a experiência de vocês!

Escreva uma carta, de no máximo uma página, para seu melhor amigo, relatando a experiência vivida. Lembre-se de falar sobre o modelo que seu grupo de pesquisa criou, bem como sobre as dificuldades que os integrantes do seu grupo tiveram e se você as superou e como. Além disso, descreva o que você aprendeu ao longo do processo.

### Parte 5: É hora do I Congresso de Geometria Molecular

Seu correspondente achou incrível a sua vivência científica e a do seu grupo de pesquisa e os informou sobre o I Congresso de Geometria Molecular que ocorrerá em breve. Vocês decidiram participar. Para isso, o grupo tem que preparar uma apresentação contendo:

1. Nome do modelo que vocês criaram;
2. Características que vocês levaram em consideração ao criá-lo;
3. Representações que vocês fizeram para as moléculas de  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$  e  $\text{BF}_3$ ; e
4. Breve relato das dificuldades vivenciadas e conclusões as quais vocês chegaram.

O grupo terá **três minutos** para fazer sua apresentação.

Além das apresentações, o congresso também contará com uma **mesa redonda** para discutir os avanços nos estudos sobre Geometria Molecular e todos participarão e serão incentivados a relatar as próprias percepções e conclusões sobre a experiência.

#### Questões para a etapa de socialização:

1. As atividades foram desafiadoras? Por quê?
2. É possível representar todas as outras moléculas propostas levando em consideração apenas a lógica de construção da representação da molécula de H<sub>2</sub>O? Por quê?
3. Qual a importância de testar o modelo?
4. Você consegue pensar em outros testes aos quais o modelo do seu grupo poderia ser submetido?
5. O que você aprendeu durante a apresentação dos outros grupos?
6. A popularização do conhecimento científico foi um dos motivos pelos quais as práticas alquímicas caíram em desuso. Partindo da sua experiência em participar do I Congresso de Geometria Molecular, você concorda com a popularização do conhecimento científico? Por quê?
7. Qual(is) a(s) diferença(s) entre relatar suas descobertas para seu melhor amigo e relatá-las durante o I Congresso de Geometria Molecular?

#### Parte 6: Relato da experiência vivida II

Agora que o I Congresso de Geometria Molecular terminou, escreva novamente para seu melhor amigo relatando como foi essa vivência. Lembre-se de contar se sua visão sobre o assunto mudou. Além disso, conte também o que você achou dessa experiência e se recomendaria que ele também participasse em uma oportunidade futura.

#### PLANEJAMENTO DE AULAS E ESTRATÉGIAS PARA O PROFESSOR

Quadro 1 – Resumo do planejamento (continua)

Etapas da atividade e da modelagem	Tempo de duração (min)	Abordagens	Aspectos de NdC							
			FC	PC	AC	SC	EC	HC	CC	
1ª – Introdução ao tema e discussão mediada	30	Contextualizada	X		X	X			X	X
2ª – Apresentação dos materiais e Parte 1 (criação e expressão)	25	Integrada	X	X		X				X

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 1 – Resumo do planejamento (continuação)

Etapas da atividade e da modelagem	Tempo de duração (min)	Abordagens	Aspectos de NdC						
			FC	PC	AC	SC	EC	HC	CC
3ª – Partes 2 (teste) e 3 (avaliação)	25	Integrada	X	X		X			X
4ª – Parte 4 (1ª carta)	20	Integrada	X	X		X			X
5ª – Parte 5 (congresso simulado)	40	Explícita	X	X		X			X
6ª – Parte 6 (2ª carta)	10	Integrada	X	X		X			X

Fonte: Elaborado pelos autores.

**Legenda:** FC – Filosofia da Ciência; PC – Psicologia da Ciência; AC – Antropologia da Ciência; SC – Sociologia da Ciência; EC – Economia da Ciência; HC – História da Ciência; e CC – Comunicação da Ciência.

### 1ª Etapa – Introdução ao tema da aula e discussão mediada

Na primeira parte da aula, será apresentado, pelo professor, o texto “História da Química: A Alquimia e os Elementos Químicos” com o intuito de introduzir, de maneira contextualizada, o tema da aula aos estudantes. Fica a critério do professor se a apresentação do texto será realizada por meio de uma leitura em conjunto com os estudantes ou se será feita oralmente pelo próprio professor.

A discussão com os estudantes deve partir das seis questões mediadoras, com ênfase na última. O professor deverá conduzir o final da discussão para apresentar a próxima etapa da aula.

### 2ª Etapa – Apresentação dos materiais e Parte 1: Investigação, criação e expressão da lógica de construção da representação da molécula de H<sub>2</sub>O

Após a introdução, os materiais disponíveis para a representação devem ser apresentados, sendo eles: massinha de modelar e palitos de dente; blocos de montar – Lego®; tabela periódica; e o próprio corpo. Cada grupo deverá fazer duas representações da molécula de água com materiais diferentes. Para efeitos de comparação, é necessário que pelo menos um material seja comum aos grupos. Assim, sugere-se que um dos materiais a ser utilizado por todos os grupos seja o conjunto de massinha de modelar e palitos de dente.

Por fim, o professor entregará aos grupos a folha com a Parte 1 da atividade. É importante que nessa etapa o professor incentive que os grupos discutam e anotem o que está sendo pedido na folha, que é a criação de um modelo para a molécula de

água. A explicação para cada representação feita e o raciocínio usado para montar tal molécula devem ser anotados pelos estudantes, pois essas anotações serão importantes para a Parte 4 da atividade (redação da 1ª carta).

Durante a realização desta e da próxima etapa, aconselhamos que o professor transite entre os grupos para ajudar em possíveis dúvidas que aparecerão. É essencial também que ele não dê respostas prontas aos estudantes, assim como não acuse como “erradas” as ideias que aparecerão. Se perceber que os estudantes estão se desviando do esperado para a etapa ou não estão levando em consideração os conceitos aprendidos anteriormente para representar a molécula, aconselhamos que o professor os conduza a um processo de reflexão por meio de questionamentos.

### **3ª Etapa – Partes 2 e 3: Testes e Avaliação da lógica de construção das representações das moléculas**

Após a finalização da etapa anterior, o professor entregará as Partes 2 e 3 da atividade. Como na etapa anterior, os estudantes devem ser incentivados a registrar as explicações e raciocínios, e o professor deve transitar entre os grupos para esclarecer possíveis dúvidas.

### **4ª Etapa – Parte 4: Relato da experiência vivida I**

Após os estudantes finalizarem as representações de todas as moléculas, o professor deve entregar a Parte 4 da atividade e orientá-los a consultar os registros feitos nas partes anteriores para escrever um relato para um amigo, em forma de carta. Quando finalizada, a carta deve ser entregue ao professor.

### **5ª Etapa – Parte 5: É hora do I Congresso de Geometria Molecular**

Nesta etapa, ocorrerá a socialização do que foi feito pelos grupos. O professor deve entregar aos estudantes a Parte 5 da atividade e orientá-los a decidir um nome para o modelo que propuseram: a lógica de construção das representações das moléculas. Em seguida, os grupos devem apresentar durante três minutos suas propostas para a turma. Após todos os grupos apresentarem, o professor deve tomar a palavra e mediar a discussão seguindo as sete questões para etapa e estimulando o raciocínio dos estudantes sobre a sistematização do que fizeram e do(s) conceito(s) que está(ão) sendo trabalhado(s). A participação dos estudantes na discussão deve ser incentivada durante toda essa etapa.

### **6ª Etapa – Parte 6: Relato da experiência vivida II**

Finalizada a discussão com a turma, o professor entregará a Parte 6 da atividade aos grupos e irá orientá-los a escrever novamente ao mesmo amigo, desta vez, contando como foi a vivência no I Congresso de Geometria Molecular, relatando

o que acharam da experiência e se aconteceram mudanças na visão deles sobre o assunto após o congresso simulado. Quando finalizada, a carta deve ser entregue ao professor.

## **MATERIAL DO PROFESSOR**

### **História da Química: a Alquimia e os Elementos Químicos**

É recomendável que a leitura do texto seja feita juntamente com os estudantes, envolvendo-os no contexto da aula e aproveitando do interesse daqueles que já conhecem o tema para que eles expressem suas opiniões. Para os que não conhecem, é necessário que o conceito de Alquimia fique bem claro, instigando o interesse deles. Além disso, a utilização dos exemplos do início do texto é essencial para aproximar os estudantes da Ciência.

A partir das seis questões apresentadas ao final do texto, o professor pode suscitar uma discussão entre os estudantes. Muitas delas foram respondidas ao longo do texto, portanto, observe se eles realmente acompanharam a discussão e o que eles conhecem sobre o avanço científico com o passar dos anos. Procure evitar a propagação de informações incorretas entre eles, interrompendo gentilmente para corrigir e justificando porque aquilo está incorreto para que os estudantes não se sintam constrangidos em continuar fazendo os comentários. Outra opção é uma abordagem com menos interferência do professor, assim sugere-se que seja solicitada a participação dos demais estudantes para se discutir o que foi apresentado no texto. Lembre-se que este texto é o “pontapé” inicial da construção do conceito de molécula, por isso é importante que todos os questionamentos sejam respondidos e esclarecidos antes de iniciar a próxima etapa da atividade.

### **Parte 1: Investigação, criação e expressão da lógica de construção da representação da molécula de H<sub>2</sub>O**

É recomendado que o professor leia o enunciado da atividade e das três questões com os estudantes e, caso surja alguma dúvida, os guie à reflexão sem dar respostas diretas para que os modelos criados por eles não sofram interferência por parte do professor. É importante que os estudantes sejam encorajados a refletir e discutir sobre as observações. Também é aconselhado que o professor circule entre os grupos para que possa acompanhar o desenvolvimento da atividade e esteja disponível para eventuais dúvidas. Neste caso, a recomendação de não dar respostas diretas é importante para que os estudantes reflitam e expressem seus próprios conhecimentos. O professor também pode intervir caso note que algum grupo esteja indo por um caminho muito diferente do planejado, sempre tomando cuidado para não fornecer

informações que prejudiquem a proposta da atividade. Deve ser salientada a necessidade de registrar todas as explicações que justificam o modelo.

### **Parte 2: Teste da lógica de construção das representações das moléculas**

É recomendado que o professor leia o enunciado da atividade e das três questões com os estudantes e, caso surja alguma dúvida, os guie à reflexão sem dar respostas diretas para que os modelos criados por eles não sofram interferência por parte do professor. É importante que os estudantes sejam encorajados a observar e analisar as diferenças entre os modelos produzidos nesta etapa e na anterior. Também é aconselhado que o professor circule entre os grupos para que possa acompanhar o desenvolvimento da atividade e esteja disponível para eventuais dúvidas. Neste caso, a recomendação de não dar respostas diretas é importante para que os estudantes reflitam e expressem seus próprios conhecimentos. O professor também pode intervir caso note que algum grupo esteja indo por um caminho muito diferente do planejado, sempre tomando cuidado para não fornecer informações que prejudiquem a proposta da atividade. Deve ser salientada a necessidade de registrar todas as explicações que justificam o modelo.

### **Parte 3: Avaliação da lógica de construção das representações das moléculas**

É recomendado que o professor leia o enunciado da atividade e das três questões com os estudantes e, caso surja alguma dúvida, os guie à reflexão sem dar respostas diretas para que os modelos criados por eles não sofram interferência por parte do professor. É importante que os estudantes sejam encorajados a refletir e discutir sobre as observações. Também é aconselhado que o professor circule entre os grupos para que possa acompanhar o desenvolvimento da atividade e esteja disponível para eventuais dúvidas. Neste caso, a recomendação de não dar respostas diretas é importante para que os estudantes reflitam e expressem seus próprios conhecimentos. O professor também pode intervir caso note que algum grupo esteja indo por um caminho muito diferente do planejado, sempre tomando cuidado para não fornecer informações que prejudiquem a proposta da atividade. Deve ser salientada a necessidade de registrar todas as explicações que justificam o modelo.

### **Parte 4: Relato da experiência vivida I**

Ao entregar a folha dessa parte aos estudantes, recomendamos que o professor os oriente e incentive oralmente a escrever a carta. É importante ressaltar que eles devem relatar sobre o processo de desenvolvimento do modelo, salientando principalmente o que aprenderam e se tiveram dúvidas ou dificuldades durante tal processo. Essa etapa será crucial para obtenção de um registro da avaliação processual

dos estudantes, que é o que esse planejamento de aulas propõe. Então, é importante que os grupos entreguem as cartas quando finalizadas. Além disso, vale a pena chamar a atenção dos estudantes para que participem ativamente da escrita da carta, dando suas opiniões sobre o que acharam da atividade.

### Parte 5: É hora do I Congresso de Geometria Molecular

Leia as orientações com seus estudantes e faça observações sobre cada um dos pontos que eles têm que desenvolver. Se puder, dê alguns exemplos, pois isso pode ajudar a contextualizar a atividade.

*Seu correspondente achou incrível a sua vivência científica e a do seu grupo de pesquisa e os informou sobre o I Congresso de Geometria Molecular que ocorrerá em breve. Vocês decidiram participar. Para isso, o grupo tem que preparar uma apresentação contendo:*

Vale a pena chamar a atenção dos estudantes para a organização que eles tiveram nas etapas anteriores. Se tudo tiver sido registrado, será mais fácil desenvolver esta parte da atividade. Pode-se fazer uma analogia com o caderno de laboratório que os cientistas mantêm ao longo de suas pesquisas.

**1. Nome do modelo que vocês criaram;**

Esta etapa pode demandar tempo, mas pode gerar um engajamento e sentimento de pertencimento. É sugerido o estímulo à imaginação dos estudantes.

**2. Características que vocês levaram em consideração ao criá-lo;**

Incentive um relato verídico, sem que ocorra a “maquiagem de dados”.

**3. Representações que vocês fizeram para as moléculas de  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $NH_3$  e  $BF_3$ ; e**

Peça aos estudantes para que levem as representações para que eles possam utilizá-las como auxílio na apresentação.

**4. Breve relato das dificuldades vivenciadas e conclusões às quais vocês chegaram.**

Talvez alguns estudantes não lidem bem com expressar as dificuldades. Nesse contexto se faz útil lembrar duas coisas: (i) resultado negativo também é resultado; e (ii) discussão explícita sobre as características da Psicologia da Ciência. Por isso é importante que o professor trabalhe com os aspectos dessa área como os evidenciados no próximo tópico.

*O grupo terá **três minutos** para fazer sua apresentação.*

Os estudantes podem ter dificuldade com o tempo e, por isso, é sugerido que eles tenham um cronômetro como referência. Para que isso não cause ansiedade, o professor pode tentar ser descontraído, sugerindo que apenas um integrante do grupo apresente. Quando o cronômetro zerar, agradeça ao estudante e diga que ele poderá

continuar em uma oportunidade futura. Essa é uma ótima oportunidade para que os estudantes treinem a habilidade de respeitar o tempo proposto.

*Além das apresentações, o congresso também contará com uma **mesa redonda** para discutir os avanços nos estudos sobre Geometria Molecular e todos participarão e serão incentivados a relatar as próprias percepções e conclusões sobre a experiência.*

Este é um momento para reforço positivo do que os estudantes fizeram e, também, para que o professor os questione de forma a guiá-los para conclusões adequadas acerca do conteúdo de Geometria Molecular. Incentive a participação de todos.

### ***Questões para a etapa de socialização:***

As questões aqui apresentadas, são um convite para reflexão e exposição sobre como pesquisas são desenvolvidas. O professor pode usar exemplos pessoais para melhor compreensão dos estudantes.

#### ***1. As atividades foram desafiadoras? Por quê?***

É sempre legal comparar essa vivência deles à dos cientistas, perguntando, por exemplo: eles também se sentem desafiados? Isso é um problema?

#### ***2. É possível representar todas as outras moléculas propostas levando em consideração apenas a lógica de construção da representação da molécula de H<sub>2</sub>O? Por quê?***

Os estudantes podem se sentir intimidados diante da atividade. Portanto, nesse momento é muito importante trabalharmos as limitações do “fazer Ciência”.

#### ***3. Qual a importância de testar o modelo?***

Mais uma vez, é interessante exemplificar a recursividade e a complexidade do “fazer Ciência”, e incentivar a compreensão de que não são saltos cognitivos e sim um processo não linear de construção de conhecimentos científicos.

#### ***4. Você consegue pensar em outros testes aos quais o modelo do seu grupo poderia ser submetido?***

Essa pergunta incentiva a criatividade dos estudantes, mas também pode ser bem desafiadora. O estímulo positivo nesse ponto é importante.

#### ***5. O que você aprendeu durante a apresentação dos outros grupos?***

Trabalhar a importância da comunicação científica entre pares.

#### ***6. A popularização do conhecimento científico foi um dos motivos pelos quais as práticas alquímicas caíram em desuso. Partindo da sua experiência em participar do I Congresso de Geometria Molecular, você concorda com a popularização do conhecimento científico? Por quê?***

Nesse momento, é possível solicitar compreensões pessoais sobre o assunto. Nesse sentido, o professor pode perguntar como é assistir palestras, ou vídeos de

divulgação científica no YouTube, por exemplo. Como este assunto é presente no cotidiano, os estudantes podem ter opiniões sobre o tema. Portanto, é interessante deixar que eles se expressem usando suas vivências, percepções e sentimentos relacionados e causados pela divulgação científica.

*7. Qual(is) a(s) diferença(s) entre relatar suas descobertas para seu melhor amigo e relatá-las durante o I Congresso de Geometria Molecular?*

O intuito final é que os estudantes possam ser agentes ativos durante o processo de aprendizagem deles. Portanto, é fortemente sugerido que eles expressem como se sentem de maneira confortável e possam ter a melhor experiência possível, mesmo que simulada (no caso do congresso).

### Parte 6: Relato da experiência vivida II

Essa parte da atividade é semelhante à Parte 4. Logo, reforçamos as recomendações gerais: orientar e incentivar os estudantes a realizar e participar da escrita da segunda carta e entregá-la quando finalizada. Além disso, desta vez, os grupos devem contar suas experiências no congresso simulado e relatar possíveis erros, limitações e mudanças de opinião ou visão sobre o assunto. Para que não fiquem acanhados de relatar as limitações, erros e mudanças, o professor deve salientar que tudo isso acontece com muita frequência na Ciência, ou seja, com os próprios cientistas e, por se tratar de uma atividade que engloba um contexto científico, é normal que aconteça o mesmo com eles.

## IDENTIFICAÇÃO E ELUCIDAÇÃO DOS ASPECTOS DE NATUREZA DA CIÊNCIA PRESENTES NO CONJUNTO DE ATIVIDADES

### 1ª Etapa – Introdução ao tema da aula e discussão mediada

**Quadro 2** – Aspectos de NdC relacionados ao texto História da Química: A Alquimia e os Elementos Químicos (continua)

Trechos do texto	Aspectos de NdC
História da Química: A Alquimia e os Elementos Químicos	Tradução (CC): adequação do discurso de História da Ciência para que os estudantes tenham acesso a ele e o compreendam.
A origem da Alquimia é incerta [...].	Multiplicidade (HC): há diversas narrativas por trás da origem da Alquimia.

Fonte: Elaborado pelos autores.

**Quadro 2** – Aspectos de NdC relacionados ao texto História da Química: A Alquimia e os Elementos Químicos (continua)

Trechos do texto	Aspectos de NdC
<p>Com a expansão helênica, trazida pelo Império de Alexandre, o Grande, a Kyniâ absorveu para si partes da Filosofia de Empédocles e Aristóteles que consideravam Terra, Água, Ar e Fogo como elementos que constituíam tudo aquilo que existia no Planeta.</p>	<p>Influência sociopolítica (SC): a expansão do império leva aos povos egípcios uma nova forma de conhecimento que será incorporada por eles.</p>
<p>Uma vez que parte dessas práticas se baseia em espiritualidade, a ascensão do cristianismo fez com que as práticas alquímicas se tornassem ilegais.</p>	<p>Influência sociopolítica (SC): discute os motivos políticos e religiosos da ilegalidade das práticas alquímicas.</p>
<p>Uma vez que parte dessas práticas se baseia em espiritualidade, a ascensão do cristianismo fez com que as práticas alquímicas se tornassem ilegais. De modo oposto, o Alcorão, livro sagrado dos muçulmanos, previa que o conhecimento da natureza é uma forma de aproximação com Alá. Portanto, a Alquimia ficou restrita ao mundo islâmico, onde teria recebido o nome Al-khen, que significa A Química.</p>	<p>Influência cultural (AC): nessa passagem temos a diferenciação entre a abordagem muçulmana e cristã perante o mesmo tema. Os cristãos cerceiam o crescimento da Alquimia, enquanto os islâmicos a incentivam.</p>
<p>i. A popularização do conhecimento científico, de tal forma que os códigos e segredos dos alquimistas começaram a ser questionados; e</p> <p>ii. O surgimento do pensamento iluminista, que postulava a separação entre a razão e a fé, fazendo com que os alquimistas caíssem em descrença popular.</p>	<p>Provisoriedade (HC): explica os motivos pelos quais temos a descrença nas práticas alquímicas, tidas como fonte do conhecimento até o século XVI.</p>

Fonte: Elaborado pelos autores.

**Quadro 2** – Aspectos de NdC relacionados ao texto História da Química: A Alquimia e os Elementos Químicos (continuação)

Trechos do texto	Aspectos de NdC
<p>Mesmo que não possamos confirmar quase nenhuma das crenças alquímicas, as buscas pela transmutação, pela Pedra Filosofal e pelos Homunculus podem ser consideradas como parte do desenvolvimento da Ciência. Isso se dá em decorrência de inúmeros instrumentos laboratoriais que foram desenvolvidos, bem como de estudos de alguns <b>elementos químicos</b>.</p>	<p>Influência histórica (HC): discute como o desenvolvimento de conhecimentos pelos alquimistas influenciam a Ciência hoje.</p>
<p>Além disso, a transformação de um <b>elemento químico</b> em outro foi comprovada no século XX, a partir da fusão nuclear.</p>	<p>Provisoriedade (HC): entre a queda das práticas alquímicas e a ascensão da Química/Física contemporânea, temos a transição de uma ideia que antes era considerada impossível e hoje se tornou possível.</p> <hr/> <p>Não linearidade (HC): busca por uma rota alternativa para a transformação de um elemento químico em outro.</p>
<p>A partir do texto, discuta as seguintes questões:</p>	<p>Questionamentos (CC): as questões propostas têm por objetivo auxiliar o desenvolvimento de conceitos científicos.</p>
<p>2. A partir da Figura 1, qual é a importância da representação gráfica para os elementos?</p>	<p>Signos e representações (CC): quando um símbolo deixa de ter estritamente seu significado e assume todo um conceito por trás de si.</p>
<p>4. Segundo a visão contemporânea de Química, por que a água não está representada na tabela periódica?</p> <p>5. Segundo seus conhecimentos, o que caracteriza um elemento químico hoje em dia?</p> <p>6. Como ocorre a transformação de um elemento químico em outro?</p>	<p>Provisoriedade (HC): nessa etapa, temos uma série de perguntas sobre a visão contemporânea da Ciência que aborda alguns conceitos, indicando que esse conhecimento pode ser transitório ou aprimorado ao longo dos anos.</p>

Fonte: Elaborado pelos autores.

## **2ª e 3ª Etapas – Investigação, criação, expressão, teste e avaliação da lógica de construção das representações das moléculas**

Lógica (FC): os estudantes discutirão sobre a melhor maneira de representar as moléculas propostas. O raciocínio lógico de cada representação será discutido em grupo e com a turma toda em um segundo momento;

Complexidade (PC): este aspecto pode surgir caso algum estudante não compreenda algum ponto da atividade devido à sua complexidade;

Criatividade (PC): o estudante tem total liberdade para criar, usando os materiais disponibilizados para turma, elaborar uma representação para as moléculas propostas baseado nos seus conhecimentos prévios;

Falibilidade (PC): comparando as representações feitas em cada parte da atividade, os estudantes podem perceber erros e inconsistências;

Influência motivacional (PC): o trabalho em grupo pode influenciar nas motivações dos estudantes para a criação do modelo da lógica de criar representações para moléculas. Eles terão que entrar em consenso e definir a melhor estratégia para desenvolver o conjunto de atividades;

Inteligência (PC): as funções intelectuais serão necessárias para que os estudantes sejam capazes de identificar, comparar, diferenciar e utilizar os conhecimentos prévios de modo que o modelo seja fundamentado;

Limitação (PC): os estudantes podem sentir algum tipo de limitação e/ou dificuldade devido aos tipos de materiais disponibilizados para o desenvolvimento da atividade;

Racionalidade (PC): os estudantes terão que buscar explicações lógicas e racionais, sustentadas em conceitos teóricos, para justificar seus modelos;

Representação (PC): os modelos criados para a lógica das representações para as moléculas propostas expressam a ideia que os estudantes têm sobre cada uma delas;

Não linearidade do pensamento (PC): o desenvolvimento da atividade pode ser não linear no sentido de que os estudantes podem abandonar ou retomar pensamentos de uma etapa para outra sem que necessariamente o trabalho seja perdido, mostrando que não existe um único caminho e que as informações podem se completar sem ser de maneira contínua;

Falibilidade (SC): caso encontrem inconsistências nos modelos, os estudantes terão que discuti-las e propor soluções para elas em conjunto;

Interação entre cientistas (SC): a divisão dos estudantes em grupo garante a interação entre eles como cientistas em um grupo de pesquisa; e

Questionamentos (CC): a partir das perguntas propostas nas atividades, os estudantes serão guiados a questionamentos específicos.

### **5ª Etapa – I Congresso de Geometria Molecular**

Epistemologia (FC): com os apontamentos dos outros grupos e do professor, o grupo que está apresentando poderá reconsiderar os limites e alcances que o modelo apresenta;

Lógica (FC): o grupo deverá explicar o raciocínio que usou na construção das representações das moléculas;

Criatividade (PC): na escolha do nome para os modelos será necessário trabalhar a capacidade de criação;

Representação (PC): a forma verbal e visual que os estudantes irão usar para apresentar e explicar suas representações das moléculas;

Subjetividade (PC): como as concepções prévias dos integrantes de cada grupo irão influenciar na construção dos modelos, refletindo nas expressões das moléculas de cada grupo;

Não linearidade do pensamento (PC): mostra como o pensamento dos estudantes não é linear, podendo ser modificado a partir das observações feitas pelos outros grupos e pelo professor;

Aceitabilidade (SC): a maneira como o conhecimento será comunicado, avaliado, revisado e validado pelo grupo que está apresentando para que a turma e o professor o aceitem;

Falibilidade (SC): ao apresentar para a turma as representações das moléculas, será possível observar se o grupo está aberto a apontamentos, por parte da turma e do professor, de possíveis falhas na criação do modelo;

Interação entre cientistas (SC): mostra como os grupos irão lidar com os modelos uns dos outros, contribuindo, discordando ou disputando. Além disso, mostra como é a interação do próprio grupo, se houve um consenso sobre o que está sendo apresentado;

Comunicação entre pares (CC): o grupo que está apresentando atua como emissor e a turma e o professor atuam como receptores, todos trabalhando com os mesmos conceitos; e

Questionamentos (CC): a turma e o professor podem fazer perguntas para o grupo que está apresentando que irão norteá-lo e auxiliá-lo no esclarecimento dos conceitos envolvidos na atividade.

### **4ª e 6ª Etapas – Relatos das experiências vividas I e II**

Para fazer a análise dos aspectos de NdC das Partes 4 e 6, decidimos uni-las, devido à semelhança entre elas. Os aspectos que estarão presentes nessas partes irão depender parcialmente do que os grupos irão relatar e apontar em cada uma.

Entretanto, podemos fazer algumas relações entre os aspectos e as ideias propostas a princípio nas partes que constituem o conjunto de atividades, sendo elas:

Epistemologia (FC): durante a elaboração de ambas as cartas, os estudantes terão que refletir e relatar sobre os processos de criação do modelo e dos conhecimentos que adquiriram a partir disso, bem como haverá uma reflexão sobre os limites e alcances do que foi proposto;

Lógica (FC): na carta será discutido o raciocínio do grupo durante a atividade;

Complexidade (PC): um dos itens que deverá ser discutido na carta diz respeito às dificuldades que eles tiveram para compreender alguma parte do processo;

Falibilidade (PC): outro item a ser discutido na carta são os erros com os quais eles tiveram que lidar ao testar o modelo criado;

Falibilidade (SC): na segunda parte da carta, os estudantes terão que discutir e relatar como foi lidar com a possível aparição de erros apontados pelos outros grupos ao longo do congresso simulado;

Interação entre cientistas (SC): como toda a atividade será realizada em grupo, na escrita das cartas eles também terão que trabalhar em equipe e interagir; e

Tradução (CC): os estudantes farão uma adequação dos conhecimentos científicos desenvolvidos durante o desenvolvimento do conjunto de atividades para compartilhá-los em forma de cartas informais a um amigo.

**Observação:** outros aspectos de NdC podem surgir nessas partes dependendo do que o grupo relatar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSTA, A. R. F.; SOUZA, C. M.; MAZZOCO, F. J. Modelos de Comunicação Pública da Ciência: Agenda para um debate teórico-prático. **Conexão: Comunicação e Cultura**, v. 9, n. 18, p. 149-158, 2010.

DIESEL, A.; BALDEZ, A. L. S.; MARTINS, S. N. Os princípios das Metodologias Ativas de Ensino: Uma abordagem teórica. **Revista Thema**, v. 14, n. 1, p. 268-288, 2017.

GILBERT, J.; JUSTI, R. **Modelling-based Teaching in Science Education**. Cham: Springer International, 2016.

JUSTI, R. La Enseñanza de Ciencias Basada en la Elaboración de Modelos. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 24, n. 2, p. 173-184, 2006.

JUSTI, R.; ERDURAN, S. **Characterizing Nature of Science: A supporting model for teachers**. In: Conference of the International History, Philosophy, and Science Teaching Group, Rio de Janeiro, Brazil, 2015.

JUSTI, R.; GILBERT, J. Modelling, Teachers' Views on the Nature of Modelling, Implications for the Education of Modellers. **International Journal of Science Education**, v. 24, n. 4, p. 369-387, 2002.

MASSOLA, G. M.; CROCHÍK, J. L.; SVARTMAN, B. P. Por uma Crítica da Divulgação Científica. *Psicologia USP*, v. 26, n. 3, p. 310-315, 2015.

SANTOS, M. **Compreendendo Visões de Estudantes sobre Ciências e suas Relações com o Ensino Fundamentado em Modelagem em Contextos Cotidiano, Científico e Sociocientífico**. 2019. (Dissertação de Mestrado) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. Disponível em: [https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-BBLJX2/1/disserta\\_o\\_monique\\_santos.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-BBLJX2/1/disserta_o_monique_santos.pdf).

SANTOS, M.; MAIA, P.; JUSTI, R. Um Modelo de Ciências para Fundamentar a Introdução de Aspectos de Natureza da Ciência em Contextos de Ensino e para Analisar tais Contextos. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 20, n. u, p. 581-616, 2020.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1987.

ZEIDLER, D. L.; SADLER, T. D.; SIMMONS, M. L.; HOWES, E. V. Beyond STS: A Research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, v. 89, n. 3, p. 357-377, 2005.

## BIBLIOGRAFIA

FELTRE, R. **Química**. 6. ed. São Paulo: Moderna, 2004. vol. 1.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado da Educação de Minas Gerais. **Conteúdo Básico Comum (CBC) – Química / Ensino Médio**. 2008. Disponível em: <<https://curriculoreferencia.educacao.mg.gov.br/index.php/cbc>>. Acesso em: 02 out. 2020.

OKI, M. C. M. O Conceito de Elemento: Da antiguidade à modernidade. *Química Nova na Escola*, v. 16, n. 1, p. 21-25, 2002.

OLIVEIRA, J. Contribuições e Abordagens das Atividades Experimentais no Ensino de Ciências: Reunindo elementos para a prática docente. *Acta Scientiae*, v. 12, n. 1, p. 139-153, 2010. Disponível em: <<http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/31>>. Acesso em: 02 out. 2020.

PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. **Química na Abordagem do Cotidiano**. 4. ed. São Paulo: Moderna, 2006. vol. 1.

SOUZA, R. G. **História da Alquimia**. Disponível em: <<https://www.historiadomundo.com.br/curiosidades/historia-da-alquimia.htm>>. Acesso em: 04 out. 2020.